

Guión de prácticas de Temas Selectos de Topografía

Ing. Dante A. Alcántara G.



**Guión de prácticas de Temas
Selectos de Topografía**

**Guión de prácticas de Temas
Selectos de Topografía**

Este material fue dictaminado y aprobado por
el Consejo Editorial de la División de Ciencias
Básicas e Ingeniería, el 16 de marzo de 1999.

Portada: Composición tomando como base una imagen de folleto promocional
de la casa Pentax, fabricante de instrumentos topográficos

Guión de prácticas de Temas Selectos de Topografía

Dante A. Alcántara G.



2892701



División de Ciencias Básicas e Ingeniería
Departamento de Materiales

**Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco**

Rectora
Mtra. Paloma Ibáñez Villalobos

Secretario
Ing. Dario Eduardo Guaycochea Guglielmi

Coordinador General de Desarrollo Académico
Dr. Luis Soto Walls

Coordinadora de Extensión Universitaria
Mtra. María Itzel Sainz González

Jefe de la Sección de Producción y Distribución Editoriales
Lic. Francisco Ramírez Treviño

Corrección:
Marisela Juárez Capistrán
Diseño de portada:
Modesto Serrano Ramírez

Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco
Av. San Pablo 180
Col. Reynosa Tamaulipas
Del. Azcapotzalco
C. P. 02200
México, D. F.

© **Universidad Autónoma Metropolitana**
Unidad Azcapotzalco
Dante Alfredo Alcántara García

*Guión de prácticas de temas
selectos de topografía*
ISBN: 970-654-437-2

1ª. Edición, 1999
2ª. Edición, 2000
4ª. Reimpresión, 2005
5ª. Reimpresión, 2010

Impreso en México

UNAM
TA 545
A 4.34

AGRADECIMIENTOS

La realización de este Guión de Prácticas requirió el apoyo de diversos recursos, entre los cuales el más valioso fue la intervención de varias personas, por ello, hago patente mi reconocimiento y agradecimiento:

A los señores Raúl González Yarza y Jaime Calvo Jiménez, estudiantes (hoy en día ingenieros) de la licenciatura en Ingeniería Civil de esta Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, por su amplia y excelente colaboración para la realización de esta tarea, pues colaboraron en la recopilación del material, participaron en la solución de los ejemplos incluidos en algunas de las prácticas y pacientemente corrigieron y reescribieron cuantas veces fue necesario el presente guión de prácticas.

A la señorita Miriam Aguilar Sánchez, estudiante (hoy en día ingeniera) de la licenciatura en Ingeniería Metalúrgica, de esta casa de estudios, por su incondicional participación en la captura de todo el material fotográfico e imágenes utilizados para ilustrar los diversos temas abordados para el mejor desarrollo de las prácticas de topografía.

Al señor Federico Moreno Celaya ayudante de profesor en el Área de Construcción, estudiante de la licenciatura en ingeniería civil de esta Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (hoy en día ingeniero) por su valiosa colaboración en la revisión y por sus sugerencias para la versión definitiva, le expreso mi reconocimiento y gratitud.

Con el fin de mejorar futuras ediciones, aceptamos cordialmente cualquier crítica constructiva de esta edición, así como sugerencias para mejorarla.

Ingeniero Dante A. Alcántara García

agda@correo.azc.uam.mx

Diciembre de 2004

ÍNDICE

Introducción	9	
Presentación del curso	11	
Prácticas		
1	Centrado, nivelado y lecturas con teodolito de micrómetro óptico	15
2	Levantamiento de una poligonal con teodolito electrónico	25
3	Levantamiento con teodolito y distanciómetro	37
4	Manejo de niveles automáticos y de la placa plano paralela, y nivelación de precisión	55
5	Control de asentamientos	69
6	Triangulación	83
7	Trilateración	93
8	Orientación astronómica (primera sesión)	97
9	Orientación astronómica (segunda sesión)	105
10	Topografía subterránea	111
11	Trazo de curvas: compuesta y espiral	119
Apéndices		
A	Inicio de un recorrido de nivelación con un nivel electrónico	139
B	Instrumentos de estación total	151
C	Sistema Global de Posición	163
D	Cálculo de una curva clitoide	171
Bibliografía	175	

INTRODUCCIÓN

El presente guión de prácticas forma parte de una serie de publicaciones de material didáctico que el Departamento de Materiales de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería ha preparado como apoyo para el curso de “Temas Selectos de Topografía”. El objetivo principal es, que al terminar el curso, el alumno habrá ampliado los conocimientos teórico-prácticos que adquirió en el curso de “Topografía”, y podrá solucionar problemas específicos de aplicación de la topografía en el campo de la ingeniería civil, tanto en la planimetría como altimetría y plani-altimetría; realizará replanteos y control vertical de asentamientos; ampliará sus conocimientos sobre el proyecto geométrico de caminos y aplicará el trazo de curvas simples, compuestas y de transición; conocerá las técnicas de triangulación y trilateración topográficas; podrá realizar una orientación astronómica por medio del sol. Conocerá y manejará instrumental topográfico especializado para levantamientos planimétricos como estaciones totales, teodolito de micrómetro óptico, teodolitos electrónicos, niveles electrónicos de lectura sobre código de barras, niveles de precisión con placa micrométrica, etc.; conocerá también los procedimientos de la topografía subterránea.

El guión fue preparado con apoyo total en la bibliografía y documentos anotados al final del mismo y cuyas citas aparecen como pie de página de cada sesión de prácticas. Se incluyen varios aspectos teóricos en el desarrollo de las prácticas y en los Apéndices, por las características del curso que se ha denominado “Temas Selectos de Topografía”, que complementan la información e invitan a acudir a los documentos para una mayor profundidad del conocimiento. Con esta guía, el alumno conoce de antemano el trabajo que desarrollará durante las once sesiones de prácticas de que consta un trimestre lectivo, asimismo, se enterará de los materiales que deberá traer a las prácticas y equipo a utilizar; sabrá cómo deberán ser los reportes que entregará al término de cada sesión.

El profesor del curso hará una exposición breve de las prácticas, tomando en cuenta que el alumno ya conoce lo que hará, y le indicará los lugares de las mismas; a cada brigada se le indicará su área de trabajo, se ilustrará a los alumnos sobre el manejo y cuidado del material topográfico, etc.

En virtud de que el concepto de prácticas es el de “ejercitar un conocimiento adquirido”, será muy importante que el alumno asista, por lo menos, al 80% de las mismas y para ello, que domine los conceptos teóricos expuestos en clase, apoyados, además, con la bibliografía, así como que conozca plenamente este guión de prácticas antes de cada sesión; de no ser así, sería difícil que se cumplieran los objetivos del proceso de enseñanza-aprendizaje del curso.

PRESENTACIÓN DEL CURSO

CALENDARIO DE PRÁCTICAS

SEMANA	FECHA	HORA	LUGAR	T E M A
1			U.A.M. o El Rosario	Formación de brigadas; repaso de topografía; centrado, nivelado y lecturas con teodolito de micrómetro óptico.
2			U.A.M. o El Rosario	Manejo de teodolito electrónico.
3			U.A.M. o El Rosario	Levantamiento con Estación total y/o teodolito con distanciómetro.
4			U.A.M. o El Rosario	Manejo de niveles automáticos y de la placa plano paralela y nivelación de precisión.
5			U.A.M.	Control de asentamientos.
6			U.A.M.	Triangulación.
7			U.A.M.	Trilateración.
8			U.A.M.	Orientación con sol (1ª sesión).
9			U.A.M.	Orientación con sol (2ª sesión).
10			Tizayuca Hgo.	Trazo de curvas: compuesta y espiral.
11			Tizayuca Hgo.	De acuerdo con el tema que se trate

HORARIO DE PRÁCTICAS

La duración de la práctica en función del número de créditos de la U. E. A. se considera de tres horas, pero deberá tomarse en cuenta cierto tiempo adicional, según lo establezca el profesor de prácticas.

EQUIPO Y MATERIALES REQUERIDOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Para cada sesión el equipo deberá recogerse en el gabinete de topografía por medio de VALES, mismos que serán llenados por los alumnos; en el vale se anotarán los datos personales y el equipo a utilizar en la práctica. Los vales deberán ser firmados por el profesor de prácticas.

El equipo se entregará a cambio del vale y de la credencial del alumno. Se recomienda en forma muy especial leer las normas que rigen el préstamo del equipo.

Los materiales se indicarán más adelante en cada una de las prácticas.

FORMACIÓN DE BRIGADAS

Para la mejor realización de las prácticas es recomendable formar brigadas de cuatro alumnos que trabajarán en equipo durante las prácticas, así como en la elaboración de los reportes y planos. Es deseable que exista un buen entendimiento entre todos los integrantes de la brigada, ya que no se permitirán cambios.

TARJETA DE BRIGADA

Esta tarjeta sirve como registro de cada brigada durante el trimestre y será conservada por el responsable del gabinete de topografía. En ella deben aparecer los datos personales de cada uno de los integrantes de la brigada.

De esta forma, todos los integrantes de una misma brigada son responsables del equipo que soliciten para la realización de sus prácticas.

INTEGRACIÓN DE LA CALIFICACIÓN

Para integrar la calificación de prácticas, regirán las siguientes condiciones:

- Asistencia mínima del 80% (Es recomendable cubrir el 100%, sobre todo tratándose de una UEA optativa).
- Dos retardos equivalen a una falta.
- Las calificaciones por brigada constarán de:
 1. Reportes de casa y planos.
 2. Libreta de campo.
- Para las calificaciones individuales se tomarán en cuenta:
 1. Trabajo de campo.
 2. Preguntas en gabinete o en campo.
 3. Examen práctico al final del curso (a criterio del profesor de prácticas).

PRESENTACIÓN DE REPORTES

Reporte de campo. Se entregará un resumen al final de la práctica y en él deberán aparecer los datos obtenidos en campo por cada brigada, de acuerdo con las indicaciones del profesor.

Reporte de casa. Todo el reporte deberá contener los siguientes datos:

- Número de la brigada.
- Nombre de los integrantes de la brigada.
- Tema de la práctica.
- Fecha y lugar de realización.
- Equipo utilizado.
- Objetivos.
- Datos de campo y cálculos. Éstos deberán ser presentados en tablas y planillas de cálculo.

- Cálculo tipo. Se integrará en el reporte, de acuerdo a la práctica, un ejemplo de cada cálculo realizado.
- Conclusiones y observaciones referentes al desarrollo de la práctica y a los resultados obtenidos.
- Plano o croquis, según sea el caso, que son la representación gráfica del trabajo.
- En cada práctica el profesor del curso dará algunas indicaciones complementarias para la presentación de los trabajos, cuando esto sea necesario.

IMPORTANTE

- Los reportes de casa y planos deberán entregarse una semana después de realizada la práctica o en la fecha convenida por el profesor del curso.
- Los trabajos extemporáneos se calificarán según lo establecido por el profesor del curso.
- No se recibirán los trabajos que sean entregados en fechas posteriores a la convenida, salvo acuerdos específicos con el profesor del curso.

PRÁCTICA 1

CENTRADO, NIVELADO Y LECTURAS CON TEODOLITO DE MICRÓMETRO ÓPTICO

OBJETIVOS

- Que el alumno se familiarice con los instrumentos de medición óptica.
- Aprender las características, funcionamiento y lectura de datos del instrumento.
- Fomentar en el alumno la labor de equipo.

EQUIPO

- 1 Teodolito de micrómetro óptico
- 1 Longímetro de 30 m *
- 1 Juego de fichas
- 1 Marro
- 4 Estacas de 20 cm *
- 2 Plomadas

* Deberá traer la brigada.

INTRODUCCIÓN

TEODOLITO DE LECTURA ÓPTICA

“Características más importantes:

1. Los *anteojos* son cortos, tienen retículas grabadas en vidrio y están dotados de miras específicas para una visual aproximada.
2. Los *círculos horizontal y vertical*, están gravados sobre vidrio. Las líneas son muy delgadas y con definición más clara y precisa que la que puede lograrse marcándolas sobre metal (como sucede en los tránsito). Pueden fabricarse círculos de diámetro pequeño graduados con toda precisión, ésta es una de las razones por la que los instrumentos son tan compactos. Los círculos están divididos en grados sexagesimales (360°).

3. El *círculo vertical* de la mayoría de estos teodolitos está relacionado con precisión respecto a la dirección de la gravedad en una de dos formas: (a) por un compensador automático, o (b) por un nivel de colimación o nivel de índice, generalmente del tipo de coincidencia relacionado con el sistema de lectura del círculo vertical. Ambos proporcionan un plano de referencia más exacto para medir ángulos verticales que los niveles de alidada usados en los tránsitos. Las lecturas en el círculo vertical son de ángulos cenitales, o sea que se lee 0° cuando el anteojo apunta verticalmente, y 90° o 270° cuando se encuentra en posición horizontal.
4. Los *sistemas de lectura* de los círculos constan básicamente de un visor o microscopio que tiene su sistema óptico situado dentro del instrumento. Generalmente hay un ocular para lectura, adyacente al ocular del anteojo o situado en uno de los soportes de éste. Algunos instrumentos tienen micrómetros ópticos para la lectura fraccionaria de intervalos en los círculos, otros son de lectura directa. Un espejo situado sobre uno de los soportes del anteojo puede ajustarse para reflejar luz al interior del instrumento e iluminar los círculos. Los sistemas de lectura de la mayoría de los teodolitos también pueden iluminarse eléctricamente para trabajar en la noche o bajo tierra. Algunos teodolitos modernos emplean un sistema operado con baterías en vez de espejos para trabajos durante el día.
5. El mecanismo del *eje acimutal* es cilíndrico, o de cojinete de bolas de precisión, o una combinación de ambos.
6. La *base nivelante* tiene cuatro tornillos o levas.
7. Con frecuencia se dispone de *bases* especiales o *tríbracos* para estos teodolitos que permiten el intercambio del instrumento y de los accesorios (señales de mira, prismas e IEMD), sin alterar el centrado sobre el punto de estación.
8. Una *plomada óptica*, construida en la base o alidada de la mayoría de estos teodolitos, reemplaza a la plomada común y permite lograr el centrado con gran exactitud.
9. A un teodolito se le puede adaptar un declinador magnético como accesorio, pero no es una parte integral del instrumento, como sucede en los tránsitos.
10. Los *tripies* son del tipo de bastidor ancho y la mayoría de ellos tienen patas ajustables. Algunos son todos metálicos y llevan ciertos dispositivos para la nivelación preliminar de la cabeza del tripié, así como para el centrado mecánico que elimina la necesidad de la plomada común o la plomada óptica.

Los teodolitos de lectura óptica se dividen en dos categorías básicas: el tipo repetidor (o de doble centro) y el modelo direccional (o de triangulación).

TEODOLITOS REPETIDORES DE LECTURA ÓPTICA

Los teodolitos repetidores están equipados con un mecanismo doble de eje acimutal o con un tornillo fijador de repetición. Este diseño permite repetir los ángulos horizontales cualquier número de veces y acumularlos directamente en el círculo del instrumento.

A continuación se muestra un teodolito T-1. El sistema de lectura óptica aparece en los recuadros en pantalla negra. Se lee directamente al minuto más próximo, con estimación probable a 0.1', cuenta con compensador automático de círculo vertical, anteojos con oculares estándares con 30X de amplificación, plomadas ópticas y sensibilidad del nivel de la alidada de 30" por división de 2mm. Para hacer una lectura, el operador debe centrar primero la marca de referencia entre las dos líneas bifilares de la marca de un grado, girando la perilla del micrómetro. El micrómetro abarca 1° del círculo principal y después de centrar la marca de referencia, puede leerse la parte de los minutos del ángulo en la ventanilla del micrómetro que está al lado derecho del campo visual de la pantalla de lectura. El ángulo horizontal indicado en la figura es por lo tanto 327° 59.6'. El micrómetro debe ajustarse nuevamente para leer el ángulo vertical."¹

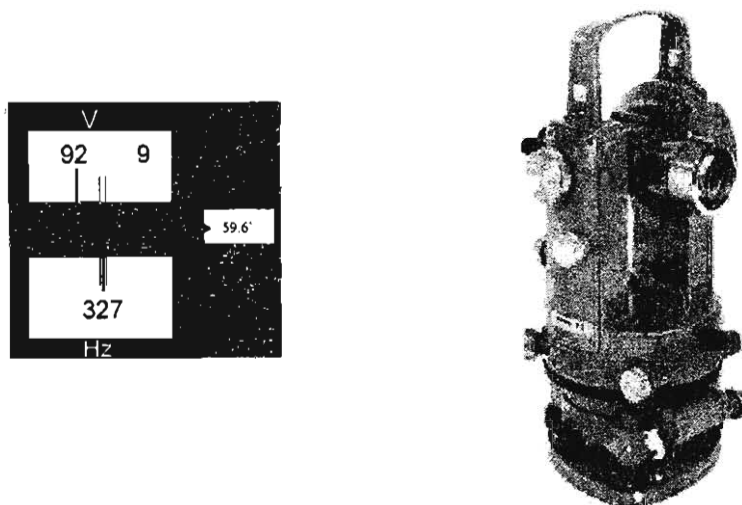


FIG. 1.1 Teodolito repetidor de lectura óptica. T-1

¹ Wolf P. R. y Brinker R. C., Topografía. México, alfaomega, 1977, 834 pp.

“A continuación tenemos la lectura de un teodolito Wild T1 que es de $327^{\circ} 59' 36''$ en el círculo horizontal. Si se quisiera leer también el círculo vertical, sería necesario recorrer el índice hasta los 92° ² que se ven en la figura.

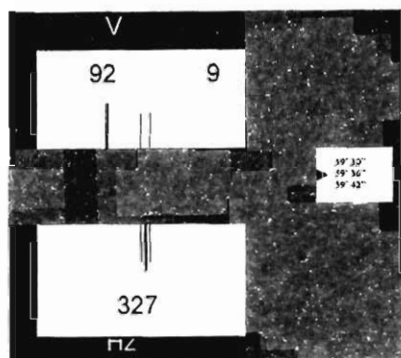


FIG. 1.2 Lectura: $327^{\circ} 59' 36''$

TEODOLITOS DIRECCIONALES DE LECTURA ÓPTICA

“Un teodolito direccional es un tipo de instrumento no repetidor que no tiene doble movimiento horizontal. Se leen con él direcciones más que ángulos. Después de haber dirigido una visual a un punto, se lee en el círculo la dirección de la línea al punto. Una observación hecha al punto siguiente dará una nueva dirección, de manera que puede calcularse el ángulo comprendido entre las líneas restando la primera dirección de la segunda.

Los teodolitos direccionales tienen un mecanismo sencillo de eje acimutal y, por tanto, no pueden medir ángulos por el método de repetición. Sin embargo, tienen un dispositivo orientador del círculo para efectuar un ajuste aproximado del círculo horizontal en cualquier posición deseada.

En todos los teodolitos direccionales cada lectura representa la media o promedio de los valores de dos lados diametralmente opuestos del círculo. Esto se debe a que el operador ve simultáneamente ambos lados del círculo a través del sistema óptico interno.

Se muestran a continuación teodolitos direccionales comunes; cada uno cuenta con un micrómetro que permite leer los círculos horizontal y vertical directamente a $1''$, con estimación posible al $0.1''$ más próximo. Ambos tienen compensadores automáticos para orientar el círculo vertical, plomadas ópticas y sensibilidad en las burbujas de $20''$ por división de 2mm.

² Alcántara G., Dante A. Topografía. México, Mc Graw Hill, 1990, 583 pp.

Los recuadros presentados en pantalla negra de cada figura muestran el sistema de lectura de los círculos del instrumento. Los círculos vertical y horizontal del instrumento DKM-A (Fig. 1) llevan dos escalas concéntricas, una con dos graduaciones unifamiliares y otra con graduaciones bifilares. El microscopio de lectura del círculo muestra una parte de una escala sobrepuesta a la parte diametralmente opuesta de la otra. Al leer un ángulo, el operador gira la perilla del micrómetro óptico para desplazar las dos escalas hasta que las graduaciones unifamiliares aparezcan centradas dentro de las bifilares. Al girar el micrómetro hay un movimiento simultáneo de un tope de campo, que enmarca el número de divisiones de 10' en la lectura. El centrado en la ventanilla del micrómetro debe hacerse por separado para los círculos horizontal y vertical.

En la figura 1.3 se ha ajustado el micrómetro para leer el círculo vertical de manera que las graduaciones unifamiliares estén centradas dentro de las bifilares de la ventanilla marcada V. (Nótese que no están centradas en la ventanilla H). La lectura es 85° (vista directamente en la ventanilla superior), más 3×10 , o sea $30'$ (tomándose el 3 del interior del marco del tope de campo de la misma ventanilla), más $5'14.0''$ (de la ventanilla inferior). En consecuencia, la lectura del círculo vertical es $85^\circ 35'14.0''$. El ajuste del micrómetro debe repetirse antes de decidir a registrar $14''$ en vez de 13 o $15''$.

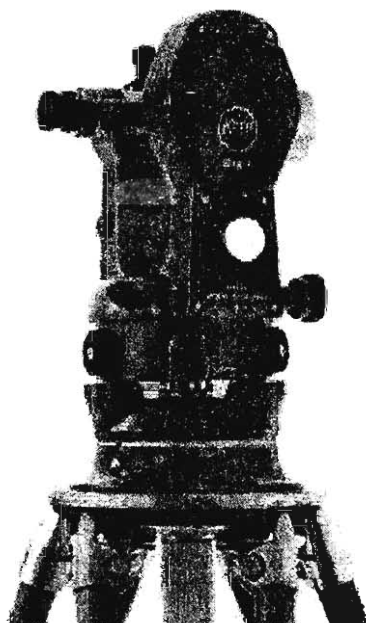
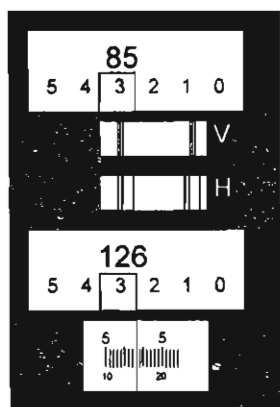


FIG. 1.3 Teodolito direccional de lectura óptica DKM2-A

En la figura 1.4 se muestra un teodolito Th-2, similar al DKM2-A mostrado en la figura 1.3. Una perilla selectora permite ver el círculo horizontal o el vertical a través del visor; no pueden verse ambos círculos simultáneamente. La pequeña ventanilla rectangular central de la figura 1.4 muestra las graduaciones en partes diametralmente opuestas del círculo. El micrómetro ya ha sido ajustado para la lectura haciendo que coincidan las graduaciones opuestas y, en esa posición, el número correspondiente a un múltiplo de 10' en la lectura aparece indicado en la ventanilla izquierda, directamente al lado del número de grados. Las partes adicionales de minutos y segundos de la lectura se toman de la ventanilla a la extrema derecha. El ángulo así indicado en el instrumento Th-2 es 125° , mas $4 \times 10'$ (ambos de la ventanilla de la izquierda), más $7'36''$ (en la ventanilla de la derecha), lo cual da una lectura final de $125^{\circ}47'36''$.¹

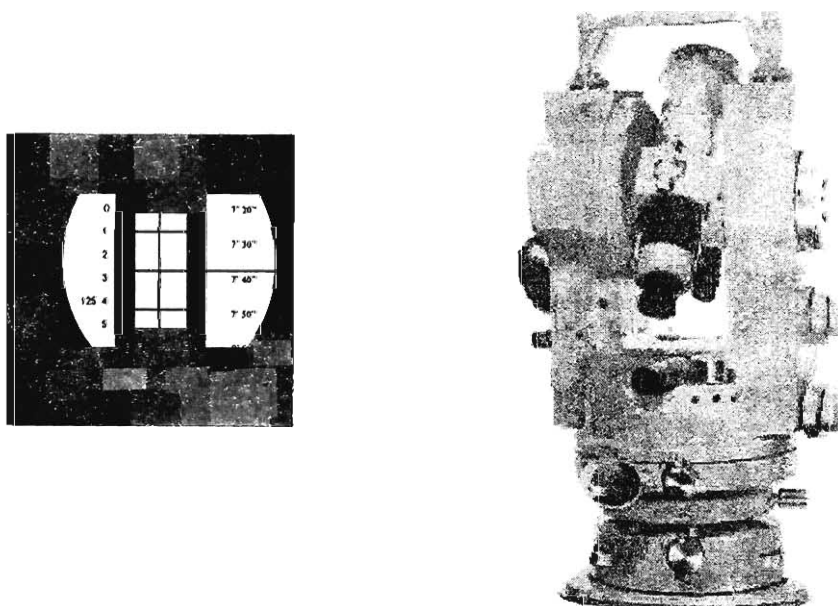


FIG. 1.4 Teodolito direccional de lectura óptica Th-2

¹ op. cit.

PROCEDIMIENTO

MANEJO Y EMPLAZAMIENTO DE UN TEODOLITO

“Los teodolitos deben sacarse cuidadosamente de sus estuches de transporte, tomándolos de los soportes del anteojo (algunos instrumentos más recientes están dotados de manijas o asideras para este objeto), y debe atornillarse el instrumento hasta asegurarlo al tripié mediante un tríbraco o base tripodal. El tripié con el instrumento se sitúa o emplaza sobre el punto del terreno en la misma forma que los tránsitos. Los principiantes pueden usar una plomada para acercar el instrumento a la posición deseada. El centrado exacto sobre el punto se realiza utilizando una plomada óptica, la cual proporciona una línea visual dirigida hacia abajo y colineal con el eje acimutal del teodolito. El instrumento debe estar nivelado para que la plomada óptica defina una línea vertical. La mayoría de los tríbracos de los teodolitos tienen un nivel circular de burbuja, que es relativamente insensible, para facilitar la nivelación preliminar aproximada antes de comenzar a efectuar la nivelación final con el nivel de burbuja de la alidada. Algunos tríbracos contienen también una plomada óptica.

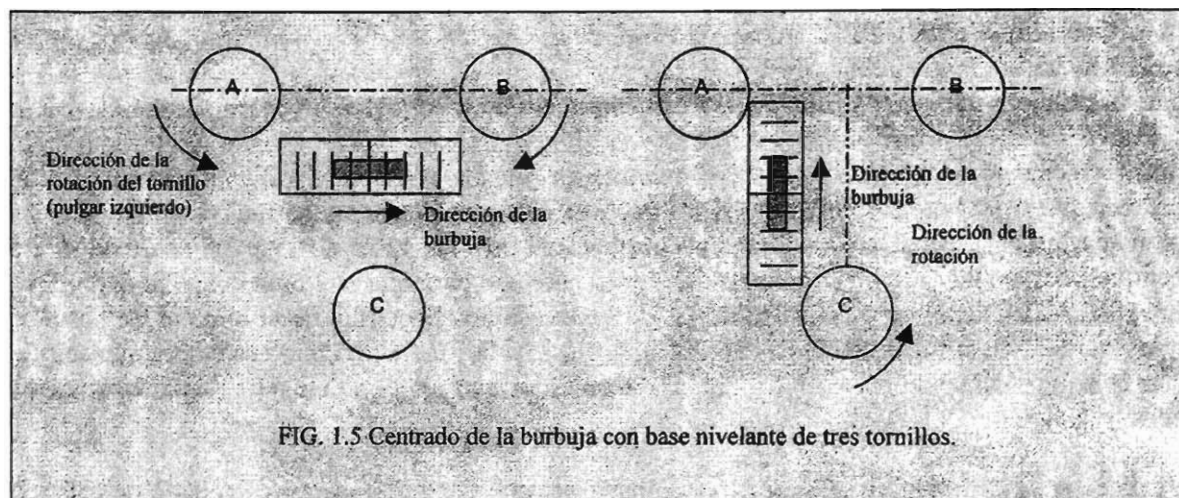
El proceso de centrado en un punto de un instrumento con plomada óptica, montaje de tríbraco con burbuja esférica y tripié de patas ajustables, se hace convenientemente de la siguiente manera:

1. Ajuste la posición de las patas del tripié levantando y moviendo el instrumento en conjunto hasta que el punto esté cerca de la visual de la plomada óptica.
2. Asiente las patas y centre la burbuja ajustando las longitudes de las patas del tripié (el punto seguirá estando cerca de la visual de la plomada óptica).
3. Nivela el instrumento usando la burbuja de la alidada y los tornillos niveladores.
4. Afloje el tornillo del tríbraco y traslade el instrumento (no lo gire) hasta que los hilos reticulares de la plomada queden exactamente sobre el punto.

Repita los pasos 3 y 4 hasta lograr un centrado y nivelado perfectos. Antes de comenzar, el instrumento debe centrarse sobre la cabeza del tripié para permitir una traslación máxima (paso 4) en cualquier dirección.

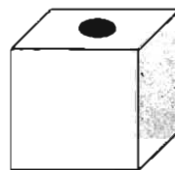
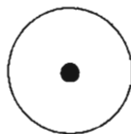
En caso de que los teodolitos tuvieran una base nivelante de tres tornillos y un nivel de burbuja en la alidada. Para nivelar el instrumento, se coloca este nivel paralelo a la línea que pasa por dos tornillos niveladores cualesquiera (como la línea que pasa por A y B en la figura 1.5a); se centra la burbuja haciendo girar estos dos tornillos, luego se gira 90° como se muestra en la figura 1.5b, y se centra de nuevo usando solamente el tercer tornillo (C). Se repite este procedimiento y se verifica cuidadosamente para asegurarse que la burbuja permanezca centrada. Como sucede con el tránsito y el nivel, la burbuja se mueve en la dirección del pulgar izquierdo cuando se giran los tornillos niveladores. En el caso de los teodolitos con niveles de burbuja muy

sensibles, se debe poner bajo sombra al instrumento si hay sol muy brillante; de lo contrario, se expandirá la burbuja y se desplazará hacia el extremo más caliente al irse calentando el líquido”¹.



DEFINICIÓN DE LA POLIGONAL

1. La localización de los puntos será indicada por el profesor de prácticas, estos puntos serán fijados por los alumnos en campo por medio de estacas si el terreno es blando, o con pintura en terreno firme. En cualquiera de los casos los puntos deberán ser marcas bien definidas al centro de la estaca o de la señal hecha con pintura. Ejemplo:



Todas las estaciones deberán quedar fijas y referidas de manera que puedan localizarse fácilmente, en caso de una rectificación posterior, o si se vuelven a utilizar los mismos puntos en la siguiente práctica.

2. Medir las distancias horizontales de todos los lados de la poligonal en ambos sentidos (de ida y de regreso).

¹ op. cit.

Se anotarán ambas distancias en la libreta, y si el error es menor o igual que la tolerancia, se tomará como valor definitivo el promedio. En los casos en que las distancias sean muy grandes, o que exista dificultad de visibilidad entre vértices, se debe recurrir al trazo de puntos intermedios, mismos que se alinearán sobre la recta considerada, con la ayuda del mismo teodolito o de procedimientos auxiliares de alineamiento (balizas), como lo indique el profesor de prácticas.

3. La medición de los rumbos se hará con ayuda del teodolito de micrómetro óptico utilizando los métodos de lectura antes descritos.

REPORTES

1. De campo.

Debe presentar:

- No. de brigada.
- Lugar y fecha en donde se realizó la práctica.
- Croquis a mano alzada.
- Presentación de datos obtenidos mediante una tabla.
- Ángulos internos de la poligonal por repetición (3 o 4).
- Distancias entre vértices parciales y totales.
- Un rumbo magnético de cualquier lado de la poligonal.

2. De casa.

Deberá presentar:

- Tema y número de la práctica.
- Integrantes de la brigada.
- No. de brigada.
- Lugar y fecha de realización.
- Equipo utilizado.
- Objetivos.
- Introducción teórica.
- Desarrollo.
- Datos de campo (no alterados) y cálculos en tablas.
- Cierre angular, error angular, tolerancia, ángulos internos compensados.
- RMC.
- E_x , E_y , E_T y precisión.
- Coordenadas del terreno.
- Área de la poligonal.
- Conclusiones y análisis de resultados.
- Dibujo a una escala adecuada de la poligonal en una hoja tamaño carta de papel albanene y entintado.
- Este reporte debe presentarse escrito a máquina con tamaño de letra legible y bien entintado.

PRÁCTICA 2

LEVANTAMIENTO DE UNA POLIGONAL CON TEODOLITO ELECTRÓNICO

OBJETIVOS

- Que el alumno se familiarice con el instrumento.
- Que el alumno aprenda las características y funcionamiento de un teodolito electrónico.

EQUIPO

- 1 Teodolito electrónico
- 1 Longímetro de 30 m *
- 1 Juego de fichas
- 1 Marro
- 4 Estacas de 20 cm *
- 2 Plomadas
- 1 Brújula tipo Brunton

* Deberá traer la brigada.

INTRODUCCIÓN

“Los teodolitos electrónicos digitales pueden leer y registrar automáticamente ángulos horizontales y verticales. De esta manera, la lectura manual de las escalas en círculo graduados empleando microscopios ha sido eliminada. El diseño y la apariencia básica de estos instrumentos es la misma que la de los teodolitos estándar descritos en la práctica anterior. La diferencia fundamental es la manera como resuelven y exhiben externamente, en forma digital, los valores de los ángulos.

Los sistemas utilizados para medir y exhibir automáticamente valores angulares son similares a los usados en las máquinas automáticas registradoras de los supermercados modernos. Esas máquinas operan haciendo pasar un rayo de luz a través de un patrón de barras negras con espesores y espaciamentos variables. El teodolito TOPCON DT-10 (mostrado en la figura 2.1) es representativo del modo como operan los teodolitos electrónicos digitales, el cual se describirá aquí brevemente. Dos círculos de vidrio están montados paralelamente, uno encima del otro, con un pequeño espacio entre ellos. El rotor (círculo inferior) contiene un patrón de líneas oscuras con separación uniforme y pequeños espacios entre ellas. El estator (círculo superior) contiene un patrón de ranuras con el mismo paso o separaciones que las del rotor. Un diodo emisor de luz desde abajo dirige luz colimada a través de los círculos hacia una celda detectora situada arriba.

Cuando se gira el DT-10, el rotor se mueve con respecto al estator, creando variaciones alternadas en la intensidad de la luz. La celda detectora percibe esas variaciones, las convierte en pulsos electrónicos y transmite éstos a un microprocesador que los convierte en valores digitales. Los dígitos se exhiben usando un diodo de cristal líquido. A veces se emplean diodos tipo LED, pero el tipo LCD necesita de menos potencia. Sin embargo, necesitan iluminarse para trabajos nocturnos. El TOPCON DT-10 puede resolver ángulos verticales y horizontales con una aproximación de 3".

Dos sistemas separados, similares al descrito, se usan en los teodolitos electrónicos digitales: uno para medir ángulos horizontales y otro para medir ángulos verticales. Los ángulos exhibidos pueden leerse y registrarse manualmente en la bitácora, o bien, el instrumento puede tener recolectores automáticos de datos para eliminar la tarea del registro de estos últimos.

La tecnología incluida en estos teodolitos electrónicos digitales modernos, controlados por microprocesadores, proporciona varias ventajas importantes a los topógrafos. Por ejemplo: (1) los círculos pueden centrarse instantáneamente apretando simplemente un botón, o bien, pueden inicializarse a cualquier valor con un teclado (esto es muy útil para fijar un acimut de referencia para una lectura hacia atrás); (2) los ángulos pueden medirse en valores crecientes, ya sea hacia la izquierda o hacia la derecha, y (3) los ángulos medidos por repetición pueden sumarse para proporcionar el total, aún cuando la marca de 360° se haya pasado una o varias veces. Otras ventajas son que las equivocaciones al leer ángulos se reducen considerablemente, la velocidad de operación se incrementa y el costo de producción de esos instrumentos es menor.¹

PRECAUCIONES PARA USOS GENERALES³

1. *No apunte al sol directamente*

Apuntar el instrumento directamente al sol puede generar serios daños a los ojos. También podría generar daños al lente del objetivo del instrumento. Se sugiere el uso de un filtro solar.

2. *No sumerja el instrumento en agua*

No se puede sumergir el instrumento en agua. El diseño del instrumento se basó en la Norma Internacional (Código IP) IPX6, por eso se protege de la lluvia.

3. *Coloque el instrumento en un trípode*

Cuando monte el instrumento en un trípode, es recomendable un trípode de madera. Las vibraciones que ocurren cuando usa un trípode de aluminio pueden afectar la precisión de la medición.

¹ op. cit.

³ Traducido de manual de instrucciones "TOPCON", DIGITAL THEODOLITE, DT-102, DT-103, DT-104, DT-104P.

4. *Instalación del tríbraco*

Si se instala incorrectamente el tríbraco, se puede afectar la precisión de la medición. De vez en cuando checar los tornillos de ajuste del tríbraco. Asegúrese de que la base permanezca fija al tornillo y ajústela a la posición deseada.

5. *Guardar el instrumento*

Cuando transporte el instrumento, debe hacerlo en su estuche, ya que un golpe podría generar daños en el funcionamiento del aparato.

6. *Llevar el instrumento*

Siempre lleve el instrumento por su asa.

7. *No exponga el instrumento a altas temperaturas*

No exponga el instrumento a temperaturas mas elevadas que la establecida (35 °C) ni exponga el lente del instrumento a la luz del sol sin un filtro, ya que esto generaría daños dentro del instrumento.

8. *Batería*

Checar que la batería esté totalmente cargada antes de utilizar el aparato.

NOMENCLATURA Y FUNCIONES³

• NOMENCLATURA

- | | |
|---|--|
| 1. <i>Mirilla.</i> | 13. <i>Tangencial del movimiento vertical.</i> |
| 2. <i>Lente.</i> | 14. <i>Teclas de funciones.</i> |
| 3. <i>Tornillo del movimiento horizontal.</i> | 15. <i>Nivel circular.</i> |
| 4. <i>Tangencial del movimiento horizontal.</i> | 16. <i>Tornillos niveladores.</i> |
| 5. <i>Marca del centro del instrumento.</i> | 17. <i>Tornillo del movimiento general.</i> |
| 6. <i>Plomada óptica.</i> | 18. <i>Palanca de ajuste del tríbraco.</i> |
| 7. <i>Pantalla.</i> | 19. <i>Base.</i> |
| 8. <i>Nivel del plato.</i> | 20. <i>Conector.</i> |
| 9. <i>Perilla de enfoque del telescopio.</i> | 21. <i>Nivel del plato.</i> |
| 10. <i>Batería.</i> | 22. <i>Agarradera.</i> |
| 11. <i>Mira telescópica.</i> | 23. <i>Tornillos de ajuste.</i> |
| 12. <i>Tornillo del movimiento vertical.</i> | |

³ op. cit.

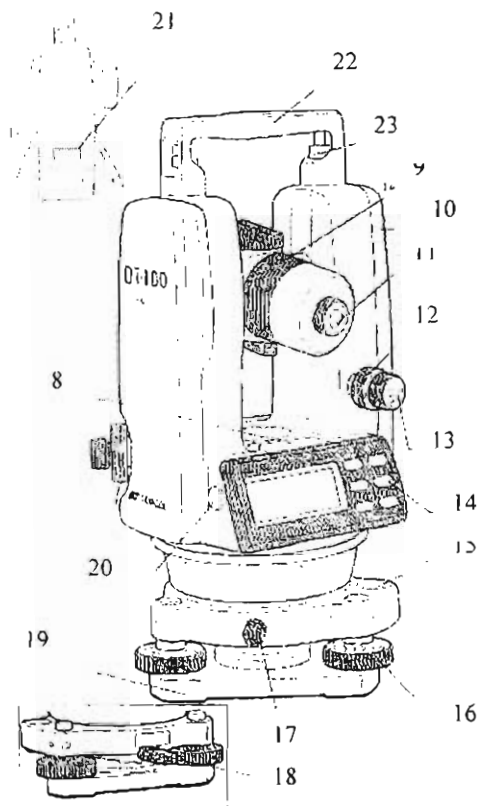
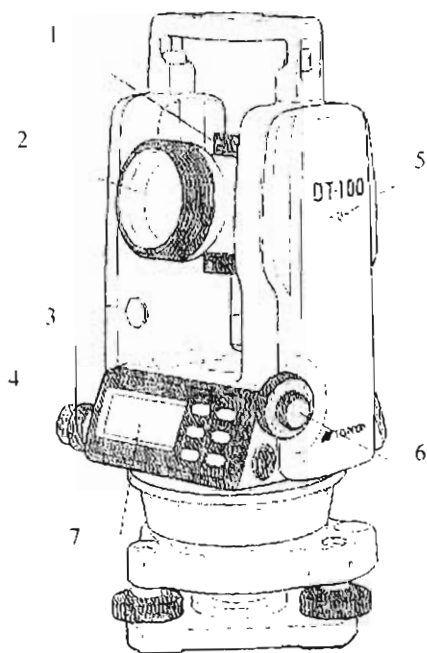


FIG. 2.1 Teodolito electrónico

- PANTALLA

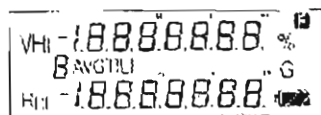


FIG. 2.2 Display del teodolito electrónico

Símbolos de la pantalla

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
V	Ángulo vertical
HR	Ángulo horizontal derecho
HL	Ángulo horizontal izquierdo
Ht	Repetición del ángulo medido
8AVG	El número de repetición/ Promedio de ángulo
TILT	Modo de la corrección de la inclinación
F	Selección de la función
%	Porcentaje de pendiente
G	Unidad de pantalla GON

• TECLAS DE OPERACIÓN

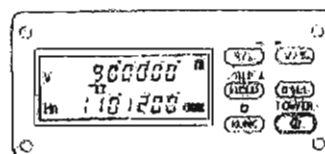


FIG. 2.3 Panel de control.

TECLAS	FUNCIÓN
R/ L	Selección del ángulo horizontal derecho/izquierdo
V/%	Despliegue del porcentaje del ángulo vertical
HOLD	Comienzo de lecturas
0 SET	Ángulo horizontal 0° fijo
POWER	Interruptor de encendido
FUNC	Selección de la función superior
REP	Repetición del ángulo medido
☺	Luz de pantalla
◀	Movimiento hacia la izquierda
▶	Movimiento hacia la derecha
**	Incremento

PREPARATIVOS PARA LA MEDICIÓN³

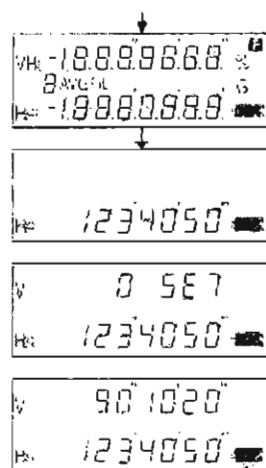
El procedimiento de instalación y nivelación del instrumento es similar al del teodolito de micrómetro óptico (ver procedimiento en la práctica 1).

- INTERRUPTOR DE ENCENDIDO

∈ Presione la tecla POWER para encender.

∉ Presione la tecla [V/%] para leer ángulos verticales.

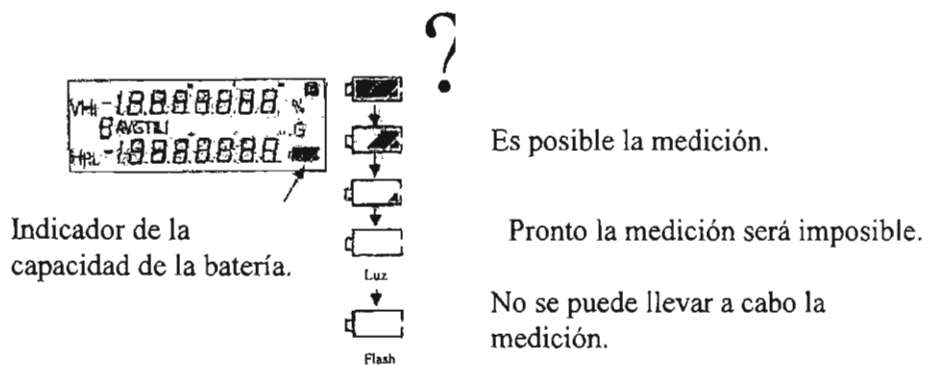
∠ Gire el telescopio hasta fijar en 0° el ángulo.



³ op. cit.

- CARGA RESTANTE DE LA BATERÍA

Indicador de la capacidad de la batería



Nota:

El tiempo de operación de la batería variará dependiendo de las condiciones ambientales, como la temperatura, etc. se recomienda por seguridad preparar baterías de repuesto, o apagar el equipo cuando no se utilice.

MEDICIÓN³

- MEDICIÓN DEL ÁNGULO HORIZONTAL Y ÁNGULO VERTICAL

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	FUNCIONAMIENTO	PANTALLA
® Colóquese en el primer punto (A).	A	<div>V 90° 10' 20"</div> <div>HR 120° 30' 40"</div>
© Fije el ángulo horizontal a 0° 00' 00." Presione la tecla [0SET] dos veces.	[0SET] [0SET]	<div>V 92° 10' 20"</div> <div>HR 0° 00' 00"</div>
™ Visualice el segundo punto (B). En la pantalla aparecerá el ángulo recorrido.	B	<div>V 92° 10' 20"</div> <div>HR 160° 40' 20"</div>

- CAMBIO DEL ÁNGULO HORIZONTAL (DERECHO/IZQUIERDO)

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	FUNCIONAMIENTO	PANTALLA
® Colóquese en el primer punto (A)	A	<div>V 90° 10' 20"</div> <div>HR 120° 30' 40"</div>
© Presione la tecla [R/ L]. El modo horizontal (HR) cambiará al modo HL.	[R/ L]	<div>V 92° 10' 20"</div> <div>HL 239° 29' 20"</div>

³ op. cit.

- MEDICIÓN DE UN ÁNGULO POR REPETICIÓN

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	FUNCIONAMIENTO	PANTALLA
Ⓢ Presione la tecla [FUNC].	[FUNC]	<div> <div> <div></div> <div>F</div> </div> <div> V 90° 10' 20" </div> <div> HR 120° 30' 40" </div> </div>
Ⓢ Presione la tecla [REP].	[REP]	<div> <div> <div></div> <div>0</div> </div> <div> Ht 0° 00' 00" </div> <div> H </div> </div>
™ Colóquese en el punto A y presione la tecla [0SET] dos veces.	A [0SET] [0SET]	<div> <div> <div></div> <div>0</div> </div> <div> Ht 0° 00' 00" </div> <div> H </div> </div>
Σ Enfoque el punto B y presione la tecla [HOLD].	B [HOLD]	<div> <div> <div></div> <div>1 AVG</div> </div> <div> Ht 45° 10' 00" </div> <div> H 45° 10' 00" </div> </div>
⌈ Colóquese de nuevo en el punto A y presione la tecla [R/L].	A [R/ L]	
Enfoque de nuevo el punto B y presione la tecla [HOLD].	B [HOLD]	<div> <div> <div></div> <div>2 AVG</div> </div> <div> Ht 90° 20' 00" </div> <div> H 45° 10' 00" </div> </div>
⌋ Repita los procedimientos ⌈ y el número de veces que desee.		<div> <div> <div></div> <div>4 AVG</div> </div> <div> Ht 180° 40' 00" </div> <div> H 45° 10' 00" </div> </div>
⌈ Para finalizar la medición presione las teclas [FUNC] y [HOLD].	[FUNC] [HOLD]	<div>Ejemplo: 4 mediciones</div> <div>[Máx. 19 mediciones]</div>

2892701

ERRORES EN PANTALLA³

PANTALLA	INFORMACIÓN	SOLUCIÓN
E01	Aparece cuando el instrumento es manejado incorrectamente.	Presione la tecla [0SET] para retornar al modo de medición.
E02	Aparece cuando el telescopio es rotado incorrectamente.	Presione la tecla [0SET] y después coloque en 0° el ángulo vertical por medio de la rotación del telescopio.
E03	Aparece cuando existe un problema interno en el sistema de medición de ángulos.	Apague el instrumento y enciéndalo nuevamente. Este error se genera por vibraciones.
E04	Aparece cuando, en la medición de ángulos repetidos, la diferencia entre ellos es de 30".	Presione la tecla [0SET] para medir desde un principio.
E70	Aparece cuando el ángulo vertical es ajustado erróneamente. Cuando el ajuste del ángulo vertical se lleva a cabo fuera del rango de $\nabla 45^\circ$ desde el ángulo horizontal.	Apague el aparato y enciéndalo nuevamente. Confirme el procedimiento y ajústelo de nuevo.
E99	Aparece cuando hay un problema en la memoria del sistema al mismo tiempo que el ajuste del ángulo vertical se lleva a cabo.	Apague el aparato y enciéndalo nuevamente. Confirme el procedimiento y ajústelo de nuevo.

DEFINICIÓN DE LA POLIGONAL

1. La localización de los puntos será indicada por el profesor de prácticas, estos puntos serán fijados por los alumnos en campo por medio de estacas si el terreno es blando, o con pintura en terreno firme. En cualquiera de los casos los puntos deberán ser marcas bien definidas al centro de la estaca o de la señal hecha con pintura.

Todas las estaciones deberán quedar fijas y referidas de manera que puedan localizarse fácilmente, en caso de una rectificación posterior, o si se vuelven a utilizar los mismos puntos en la siguiente práctica.

2. Medir las distancias horizontales de todos los lados de la poligonal en ambos sentidos (de ida y de regreso).

³ op. cit.

Se anotarán ambas distancias en la libreta, y si el error es menor o igual que la tolerancia, se tomará como valor definitivo el promedio. En los casos en que las distancias sean muy grandes, o que exista dificultad de visibilidad entre vértices, se debe recurrir al trazo de puntos intermedios, mismos que se alinearán sobre la recta considerada, con la ayuda de balizas o de procedimientos auxiliares de alineamiento, como lo indique el profesor de prácticas.

3. La medición de los rumbos se hará con ayuda de una brújula tipo Brunton utilizando los métodos de lectura que recomienda el profesor.

4. La tolerancia angular será de $T = 2a / n$ y la precisión lineal mínima de 1:3000, donde $a = 20''$ para el teodolito TOPCON DT-100, n = número de vértices de la poligonal.

REPORTES

1. De campo.

Debe presentar:

- No. de brigada.
- Lugar y fecha en donde se realizó la práctica.
- Croquis a mano alzada.
- Presentación de datos obtenidos mediante una tabla.
- Ángulos internos de la poligonal (por repetición 3 o 4).
- Distancias parciales y totales, entre vértices.
- Un rumbo magnético.

2. De casa.

Deberá presentar:

- Tema y número de la práctica.
- Integrantes de la brigada.
- No. de brigada.
- Lugar y fecha de realización.
- Equipo utilizado.
- Objetivos.
- Introducción teórica.
- Desarrollo.
- Datos de campo (no alterados) y cálculos en tablas.
- Cierre angular.
- Error angular, tolerancia.
- Ángulos internos compensados.
- Rumbos magnéticos corregidos.
- Determinar, por la regla del tránsito, E_x , E_y , E_T , precisión, coordenadas y área de la poligonal.
- Conclusiones y análisis de resultados.
- Dibujo a una escala adecuada de la poligonal en una hoja tamaño carta de papel albanene y entintado.

PRÁCTICA 3

LEVANTAMIENTO CON TEODOLITO Y DISTANCIÓMETRO

OBJETIVOS

- Que el alumno conozca el distanciómetro electrónico.
- Que el alumno aprenda el funcionamiento y las características del instrumento.

EQUIPO

- 1 Teodolito de micrómetro óptico
- 1 Distanciómetro electrónico
- 1 Prisma
- 1 Marro
- 4 Estacas de 20 cm *

* Deberá traer la brigada.

INTRODUCCIÓN

“Un adelanto importante para la topografía, ha sido el utilizar instrumentos electrónicos para la medición de distancias (IEMD). Estos dispositivos determinan la distancia mediante la medición indirecta del tiempo que toma a la energía electromagnética de velocidad conocida, viajar de un extremo a otro de la línea y regresar. Este esquema de medición indirecta del tiempo consiste en determinar cuántos ciclos de energía electromagnética son necesarios para recorrer el doble de las distancias a medir. La frecuencia (tiempo necesario por ciclo) es controlada por los IEMD, y de esta forma el tiempo total del recorrido es conocido, Multiplicando el tiempo total por la velocidad y dividiendo el resultado por 2, se obtiene la distancia requerida.

El primer instrumento de este tipo fue presentado en 1948 por el físico sueco Erik Bergstrand. Su dispositivo, llamado geodímetro fue el resultado de ciertos intentos para mejorar los métodos de medición de la velocidad de la luz. El instrumento transmitía radiación visible y era capaz de medir en la noche con toda exactitud distancias hasta de unos 40 km. En 1957 fue presentado un segundo aparato electrónico, el telurómetro, diseñado por el doctor T.L. Wadley y aplicado por primera vez en África del sur. Este instrumento transmitía microondas y era capaz de medir distancias hasta de 80 km o más, de día o de noche.

Inmediatamente se reconoció el gran valor potencial de estos primeros modelos de distanciómetros electrónicos en el campo de la topografía. Sin embargo, los primeros instrumentos eran costosos y nada fáciles de transportar para los trabajos de campo. Además, los procedimientos de medición eran tardados y las operaciones matemáticas para determinar

las distancias a partir de los valores observados resultaban difíciles y laboriosas. La investigación y el mejoramiento continuados han eliminado todas estas deficiencias.

En los IEMD modernos, los valores de las distancias aparecen automáticamente en forma digital, en pies o en metros, y muchos tienen microcomputadoras integradas que calculan las componentes horizontales y verticales de distancias inclinadas. Programas dentro de los instrumentos proporcionan automáticamente los ángulos verticales necesarios para llevar a cabo esos cálculos.

Algunos IEMD modernos traen incorporados teodolitos digitales y microprocesadores, para crear así instrumentos de estación total. Estos instrumentos pueden medir distancias y ángulos simultánea y automáticamente, cuando están equipados con recolectores automáticos de datos, pueden registrar notas de campo electrónicamente y transmitirlos a computadoras, graficadores u otros dispositivos para su procesamiento.

CLASIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS DE MEDICIÓN

El sistema más común para clasificar los IEMD es el que considera la longitud de onda de la energía electromagnética transmitida. Existen dos categorías más empleadas en topografía:

Instrumentos electroópticos que transmiten luz con longitud de onda en el intervalo de 0.7 a 1.2 micrómetros, dentro o ligeramente más allá de la región visible del espectro.

Instrumentos de microondas que transmiten microondas con frecuencias en el intervalo de 3 a 35 GHz correspondientes a longitudes de onda de aproximadamente 1.0 a 8.6 milímetros.

Además de sus longitudes de onda específicas, existen otras diferencias básicas para los instrumentos pertenecientes a esas dos categorías. Una diferencia importante es, por ejemplo, que las señales transmitidas por instrumentos electroópticos regresen del extremo opuesto de la línea empleando un reflector pasivo de prisma. Por otra parte, los sistemas de microondas emplean dos unidades idénticas. Una de ellas transmite la señal a la otra, ubicada en el extremo opuesto de la línea. La segunda unidad recibe la señal y la transmite de regreso al primer instrumento.”¹

¹ op. cit.

PARTES DEL INSTRUMENTO (REDMINI2)⁴

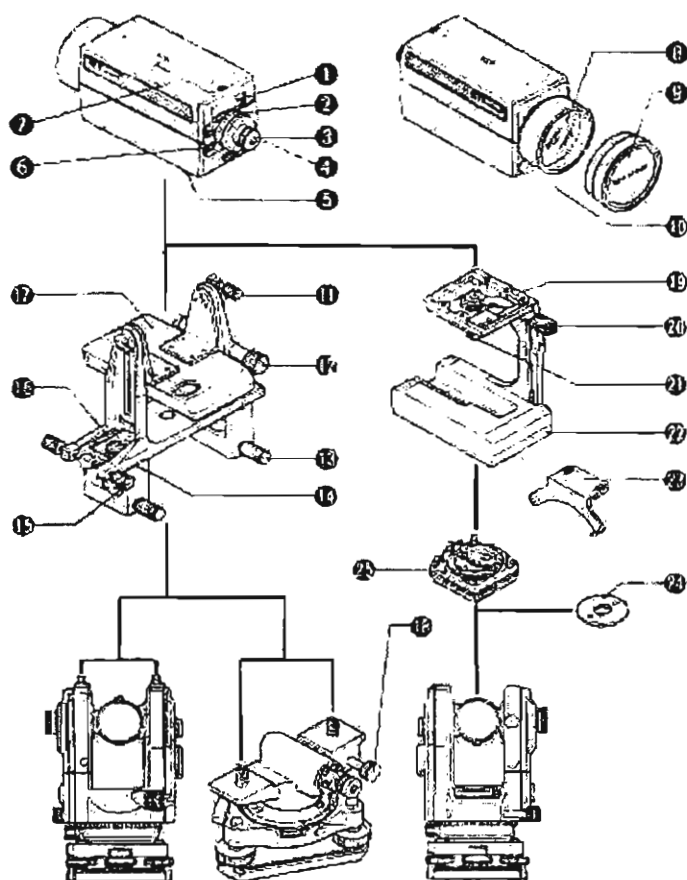


FIG: 3.1 Partes del instrumento

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. Pantalla. | 12. Tornillo del movimiento fino vertical. |
| 2. Anillo de enfoque. | 13. Abrazadera del puente. |
| 3. Anteojo de mira. | 14. Índices de separación del puente. |
| 4. Interruptor de batería | 15. Tornillo de ajuste horizontal. |
| 5. Terminal de batería. | 16. Tornillo de ajuste de la separación del puente. |
| 6. Interruptor de corriente. | 17. Alojamiento de la batería. |
| 7. Mirilla. | 18. Tornillo del movimiento fino horizontal. |
| 8. Lente del objetivo | 19. Acoplamiento del anteojo. |
| 9. Tapa de la lente del objetivo. | 20. Palanca de colocación. |
| 10. Conector de salida de datos. | 21. Clavija de guía. |
| 11. Abrazadera vertical. | 22. Alojamiento de batería. |
| | 23. Placa de tope. |
| | 24. Adaptador para el TM20H |
| | 25. Montaje del anteojo. |

⁴ Tomado del manual de referencia del REDMINI-2.

PECULIARIDADES⁴

- Sólido, ligero y de operación fiable.
- Dotado de atenuación automática.
- El eje óptico del anteojo de mira es coaxial, de forma que la medición es rápida y segura.
- Dispone de interruptor automático de corriente. La corriente se corta automáticamente unos 5 minutos después de pulsar una tecla.
- El ocular diagonal DE2A se suministra como accesorio opcional para medir en posiciones de visión restringida.
- Con el teclado de función FS9, el REDMINI2 mide y obtiene fácilmente la distancia reducida, la distancia horizontal y la diferencia de altura. Existe como accesorio estándar la función de replanteo por distancia.

CARACTERÍSTICAS⁴

ALCANCE	Prisma de jalón en punta: De 3 hasta 150m Prisma simple: De 3 hasta 800 m
Desviación estándar	$\pm(5 \text{ mm} + 5 \text{ ppm} \bullet D)$
Pantalla (Diodo de cristal líquido)	6 Dígitos hasta 999,999m.
Cálculo mínimo	1 mm
Constante del prisma	-3 cm (Selecccionable de 0 hasta -99 mm con interruptores internos)
Salida de datos	Serie asíncrona, RS-232C compatible.
Función de autodiagnóstico	Suministrada
Corte de corriente	5 minutos después de la operación
Suministro de corriente	Ni-CD, Insertable, recargable 6V Corriente directa 3.6 W Suministro de 1 hora a 25 °C Tiempo de carga: 15 horas- Cargador de batería estándar CDC11 (1 hora- Cargador de batería opcional CDC12)
Margen de temperatura	-10°C hasta +50°C
Ángulo de inclinación	$\pm 40^\circ$
Anteojo de mira	Imagen directa, 10x, 1°20' (2.3m/100m)
Dimensiones	61 de ancho × 170 de fondo × 72 de altura

⁴ op. cit.

Peso	0.8 Kg. (excluyendo batería)
------	------------------------------

Tiempo de medición

	Mediciones Repetidas	Mediciones tracking
Distancia reducida	4.8 seg.	1.3 seg. +cada 0.3 seg.
Distancia horizontal	5.6 seg. + cada 4.8seg.	2.5 seg. +cada 0.3 seg.
Distancia de altura	5.6 seg. + cada 4.8 seg.	2.5 seg. +cada 0.3 seg.

PROCEDIMIENTO SENCILLO DE MEDICIÓN⁴

1. Nivelación

Montar el teodolito con accesorios de acoplamiento o un soporte de plomada para centrar, y nivelar sobre el trípode.

2. Montaje del distanciómetro

Montar el REDMINI2 sobre el teodolito o sobre el soporte de la plomada de centrar y apretar la abrazadera del puente (13).

3. Inserción de la batería

Insertar la batería en el alojamiento (17) de la batería. (Usar las dos manos y soltar al oír un clic.)

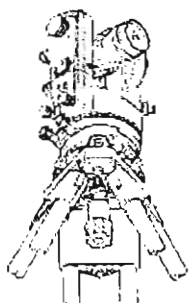
4. Encendido

Pulsar el interruptor (6) de corriente.

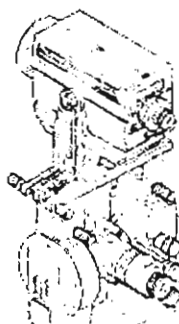
El REDMINI2 tiene autodiagnóstico. Un código de error indicará el defecto de funcionamiento.

⁴ op. cit.

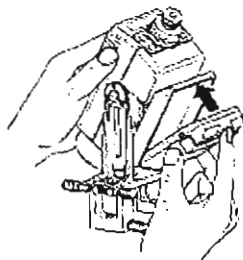
(1) Nivelación



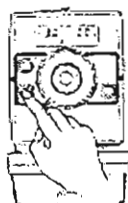
(2) Montaje



(3) Inserción de la batería



(4) Encendido



5. *Mira*

Observar correctamente el centro del prisma.

6. *Comienzo de la medición*

Pulsar el interruptor (4) MEAS después de visualizar -30*00.

Precaución: La pulsación demasiado fuerte sobre el interruptor puede desviar el distanciómetro de la mira.

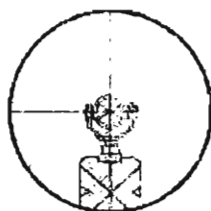
7. *Visualización del valor medido*

Unos 5 segundos después se visualizará el valor medido y comienza la segunda medición. El valor medido anterior aparecerá durante la medición.

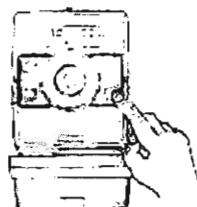
8. *Interrupción de la medición*

La medición se interrumpe pulsando el interruptor (4) MEAS. Para recomenzar pulsar nuevamente el interruptor MEAS.

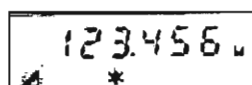
(5) Mira



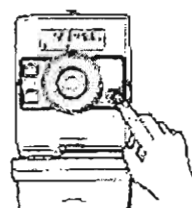
(6) Comienzo de la medición



(7) Visualización del valor medido



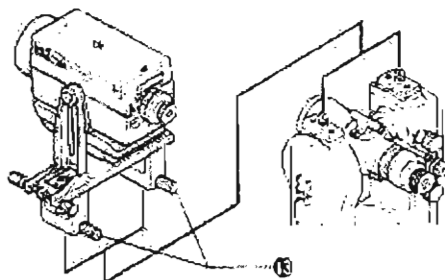
(8) Interrupción de la medición



PROCEDIMIENTO DE MONTAJE⁴

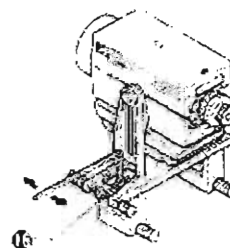
• SISTEMA DE MONTAJE DE MONTANTES

- 1) Aflojar los dos tornillos de abrazadera (13) del puente girando en sentido contrario a las agujas del reloj.



- 2) Instalar el REDMINI2 sobre los acoplamientos para el teodolito.
- 3) Apretar totalmente las dos abrazaderas del puente girándolas en el sentido de las agujas del reloj.

Cuando la adaptación del acoplamiento y el puente es inapropiada, ajustar la separación del puente con los tornillos (16) de ajuste de la separación con una llave hexagonal.



⁴ op. cit.

MEDICIÓN⁴

- Pulsar el interruptor (6) de corriente



Con la corriente dada se oye un tono audio corto y se obtienen las visualizaciones de las figuras 7.2 y 7.3, para indicar que el instrumento está en condiciones normales.

Cuando el voltaje de la batería es demasiado bajo, la visualización será la que aparece en la figura 7.4. En este caso, cortar la corriente y cargar la batería o sustituirla por otra.

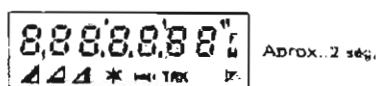
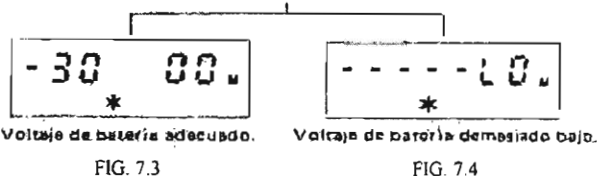


FIG: 7.2



Voltaje de batería adecuado.

Voltaje de batería demasiado bajo.

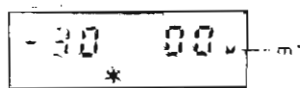
FIG. 7.3

FIG. 7.4

Una vez terminada la observación, el retículo del anteojo debe coincidir con el centro del prisma de reflexión y el atenuador automático controla la luz. Al conseguir la intensidad apropiada para la medición, se enciende un asterisco en la pantalla.

En el supuesto de que no encienda el asterisco, comprobar que el retículo del anteojo coincida con el prisma de reflexión y observarlo nuevamente.

⁴ op. cit.

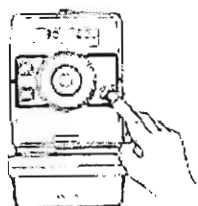


Integridad apropiada para medir

E = Etopreva
M = Mtopreva
Pulsando el interruptor (4) la visualización cambia alternativamente.

La unidad se desconectará transcurridos cinco minutos a menos que esté en la modalidad de medición. En este caso, medirá continuamente sin desconectarse automáticamente. Para conservar la vida de la batería, conviene pulsar el interruptor de medida para interrumpir la medición después de haber registrado los datos visualizados.

- Asegúrese de que se encienda el asterisco y pulsar el interruptor MEAS (4).

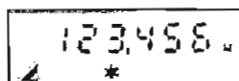


Al pulsar el interruptor (4) MEAS, se escuchará un corto sonido audio antes de que el REDMINI2 empiece a medir.

La señal \nearrow se mantiene en forma intermitente durante la medición.

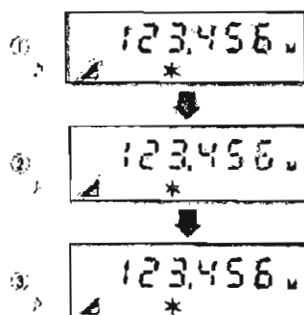
Una vez terminada la medición se escuchará un corto sonido audio y se visualizará el valor medido.

Ejemplo: 123.456 m



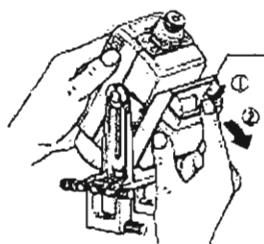
Después de la primera medición comienza la segunda. Durante la medición repetida se visualiza el valor de la medida anterior.

- Si se pulsa el interruptor (4) MEAS, durante la medición, el REDMINI2 interrumpe la operación y da el último valor medido.



- Girar el interruptor (6) de corriente a la posición de apagado antes de retirar la batería del REDMINI2.

La batería REDMINI2 se quita como sigue:



- ① Sujetar el REDMINI2 y la batería BDC18 con las dos manos y empujar hacia abajo el botón de liberación como se muestra en la figura anterior.
- ② Tirar de la batería para sacarla de su alojamiento

CÁLCULO DE LA DISTANCIA HORIZONTAL Y LA DIFERENCIA DE ALTURA⁴

- REDMINI2 + Teodolito ↔ Prisma de reflexión + Mira de observación.

Cuando se miden distancias y ángulos con el REDMINI2 en combinación con un teodolito, usando el prisma de reflexión más la mira de observación, la distancia horizontal y la diferencia de altura se calculan con la distancia reducida determinada D mediante la fórmula siguiente:

Distancia horizontal $L = D \sin v$

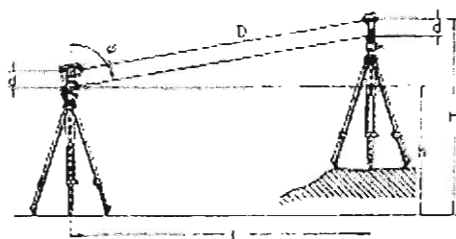
Diferencia de altura $H = h + d + D \cos v$

d varía según sea el modelo del teodolito usado.

MODELO	DISTANCIA d (mm)
TM6, TM10C/D, TM20C/D, TM20E, TM10E, TM20H, TS6, TS20A, DT20E, Montantes simétricos	194
TM1A	199
T60D	204

v es el ángulo cenital del centro de la mira observada con el teodolito.

⁴ op. cit.



- REDMINI2 + Teodolito ↔ Prisma de reflexión.

Cuando se miden distancias y ángulos con el REDMINI2 en combinación con un teodolito, usando solamente un prisma de reflexión (es decir, sin la mira de observación), la distancia horizontal L se calcula utilizando la distancia reducida determinada D mediante la fórmula siguiente:

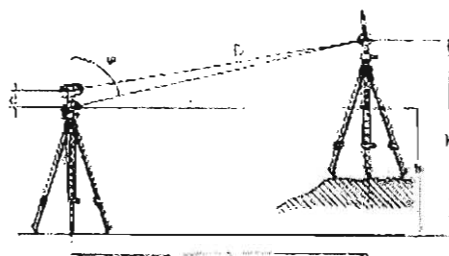
$$\begin{aligned} \text{Distancia horizontal } L &= (d \cos v + \theta\% D^2 - d^2 \sin^2 v) \sin v \\ &= d \sin v \cos v + D \sin v \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diferencia de altura } H &= h + (d \cos v + \theta\% D^2 - d^2 \sin^2 v) \cos v \\ &= h + (D + d \cos v) \cos v \\ &\quad (\square D^{\text{TM}} d) \end{aligned}$$

d varía según sea el modelo del teodolito usado.

MODELO	DISTANCIA d (mm)
TM6, TM10C/D, TM20C/D, TM20E, TM10E, TM20H, TS6, TS20A, DT20E, Montantes simétricos	194
TM1A	199
T60D	204

v es el ángulo cenital del centro del prisma de reflexión observado con el teodolito.

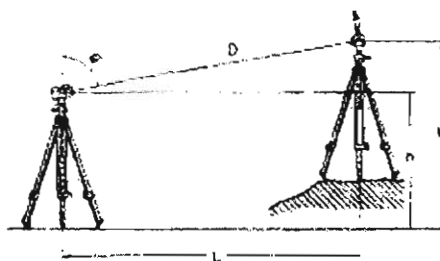


- REDMINI2 ↔ Prisma de reflexión

Para medir distancias, solamente el REDMINI2 (montado sobre la plomada óptica) opera con el prisma de reflexión (sin mira de observación). La distancia horizontal L se calcula usando la distancia reducida determinada D , mediante la fórmula siguiente:

Distancia horizontal $L = D \sin \nu$

Diferencia de altura $H = h + D \cos \nu$



Cuando se usa la plomada óptica solamente es preciso ajustar la altura del eje para compensar el ángulo cenital obtenido con un teodolito.

- REDMINI2 + Teodolito ↔ Prisma de reflexión.

1. Determina el ángulo cenital ν observando el centro del prisma de reflexión con el teodolito antes de medir la distancia.
2. Medir distancias observando el centro del prisma de reflexión con el anteojo de observación.
3. Pulsar el botón de comienzo y determinar la distancia reducida D .



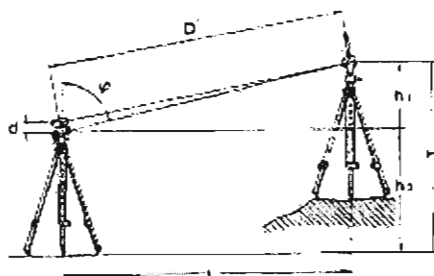
4. Determinar la distancia horizontal L y la distancia vertical H mediante la fórmula siguiente:

$$L = \left(\sqrt{D^2 + d^2} \right) \sin \varphi = D \sin \varphi$$

$$H = h_2 + h_1 = h_2 + \left(\sqrt{D^2 + d^2} \right) \cos \varphi = h_2 + D \cos \varphi$$

$$d = 84 \text{ mm}$$

$$(\square D^{\text{TM}} d)$$



CORRECCIÓN⁴

• CÁLCULO DE LA CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

El REDMINI2 está diseñado para dar una corrección 0 ppm en presión atmosférica de 760 mm Hg y temperatura de +15 8C.

El REDMINI2, no tiene interruptor ppm para corrección atmosférica en la unidad principal si se precisa obtener el valor corregido, se calcula con las fórmulas siguientes:

$$\text{Corrección } X = 278.96 - (0.3872 P / 1 + 0.003661 C)$$

Donde:

P = Presión atmosférica en mm Hg.

C = Temperatura en grados centígrados.

$$D_2 = D_1 (1 + X / 1 \times 10^6)$$

Donde:

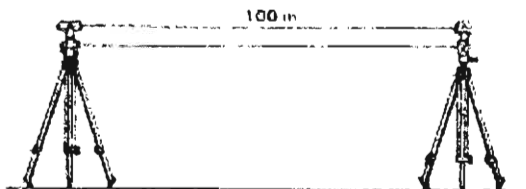
D₁ = Distancia reducida medida.

D₂ = Distancia reducida resultante.

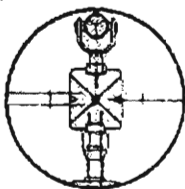
⁴ op. cit.

AJUSTE PARA LA ALINEACIÓN ENTRE EL REDMINI2 Y EL TEODOLITO; SISTEMA DE MONTANTES ⁴

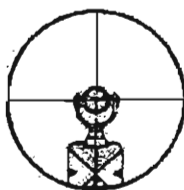
- Colocar el prisma de reflexión con la mira de observación en terreno llano, aproximadamente a 100 m del REDMINI2.



- Observar la mira exactamente con el anteojo del teodolito (apretar todas las abrazaderas antes de la observación).



- Girar lentamente el REDMINI2 con el tornillo (12) de movimiento fino vertical y el tornillo de movimiento fino horizontal hasta que el retículo del anteojo incorporado coincida con el centro del prisma de reflexión.



- Mirar por el anteojo del teodolito y nuevamente por el anteojo incorporado del REDMINI2 para asegurarse de la alineación.

⁴Op. cit.

PRECAUCIONES⁴

1. Manipular el REDMINI2 con cuidado y protegerlo de vibraciones y golpes.
2. Para sacar el REDMINI2 del estuche, coger el puente firmemente y tirar con cuidado.
3. No dejar nunca el REDMINI2 en el suelo, ya que puede resultar dañado el puente y el conector de corriente externa.
4. Trasladar siempre el REDMINI2 separado del teodolito.
5. Proteger el instrumento de la luz del sol directa y de la lluvia.
6. No orientar las lentes receptores y transmisoras directamente al sol.
7. Poner los accesorios en su posición correcta para evitar desplazamientos durante el transporte.

DEFINICIÓN DE LA POLIGONAL

1. La localización de los puntos será indicada por el profesor de prácticas, estos puntos serán fijados por los alumnos en campo por medio de estacas si el terreno es blando, o con pintura en terreno firme. En cualquiera de los casos los puntos deberán ser marcas bien definidas al centro de la estaca o de la señal hecha con pintura.

Todas las estaciones deberán quedar fijas y referidas de manera que puedan localizarse fácilmente, en caso de una rectificación posterior, o si se vuelven a utilizar los mismos puntos en la siguiente práctica.

2. Medir las distancias horizontales de todos los lados de la poligonal en ambos sentidos (de ida y de regreso).

Se anotarán ambas distancias en la libreta, y si el error es menor o igual que la tolerancia, se tomará como valor definitivo el promedio. En los casos en que las distancias sean muy grandes, o que exista dificultad de visibilidad entre vértices, se debe recurrir al trazo de puntos intermedios, mismos que se alinearán sobre la recta considerada, con la ayuda de fichas o de procedimientos auxiliares de alineamiento (balizas), como lo indique el profesor de prácticas.

3. La medición de los rumbos se hará con ayuda de una brújula tipo Brounton o utilizando los métodos de lectura que recomiende el profesor.

⁴ op. cit.

REPORTES

1. De campo:

Debe presentar:

- No. de brigada.
- Lugar y fecha en donde se realizó la práctica.
- Croquis a mano alzada.
- Presentación de datos obtenidos mediante una tabla.
- Ángulos internos de la poligonal (por repetición 3 o 4).
- Distancias de cada lado (7 lecturas mínimo).
- Un rumbo magnético.

2. De casa:

Deberá presentar:

- Tema y número de la práctica.
- Integrantes de la brigada.
- No. de brigada.
- Lugar y fecha de realización.
- Equipo utilizado.
- Objetivos.
- Introducción teórica.
- Desarrollo.
- Datos de campo (no alterados) y cálculos en tablas.
- Cierre angular.
- Error angular, tolerancia.
- Ángulos internos compensados.
- Rumbos magnéticos corregidos.
- Determinar, por la regla del tránsito, E_x , E_y , E_T , corrección lineal, precisión, coordenadas y área de la poligonal.
- Conclusiones y análisis de resultados.
- Dibujo a una escala adecuada de la poligonal en una hoja tamaño carta de papel albanene y entintado.
- Este reporte debe presentarse escrito a máquina con tamaño de letra legible y bien entintado.

PRÁCTICA 4

MANEJO DE NIVELES AUTOMÁTICOS Y DE LA PLACA PLANO PARALELA Y NIVELACIÓN DE PRECISIÓN

OBJETIVOS

- Que el alumno conozca los diferentes tipos de niveles de precisión.
- Aprender el funcionamiento, características del aparato y su aplicación.
- Aplicar los métodos de comprobación de manera eficaz.

EQUIPO

- 1 Nivel de placa plano paralela
- 2 Estadales

INTRODUCCIÓN

NIVELES DEL TIPO BASCULANTE

“El nivel de tipo basculante posee un telescopio y un nivel que son movibles por medio de un tornillo micrométrico llamado tornillo basculante. Este es independiente del eje acimutal y por ello, una vez centrada la burbuja del nivel esférico mediante los tornillos niveladores, se pondrá horizontal con toda precisión a la línea de colimación por medio del tornillo basculante, pues posee un nivel tubular de burbuja del telescopio de una gran sensibilidad.

La burbuja aparece reflejada dentro del campo óptico del telescopio mediante un prisma que representa seccionada en dos partes, que se deben hacer coincidir, invariablemente, cada vez que se realice una observación.

Este tipo de instrumentos se utilizan en nivelaciones de precisión y también para el control vertical constante de grandes obras de ingeniería como túneles puentes y, sobre todo, presas.

Este tipo de instrumentos son más modernos y evolucionados que los del tipo tradicional y vienen provistos de tres tornillos niveladores y niveles de burbuja de gran sensibilidad, una gran resolución, un campo visual adecuado, etc. En resumen, poseen las características necesarias para los trabajos de precisión.”²

² op. cit.

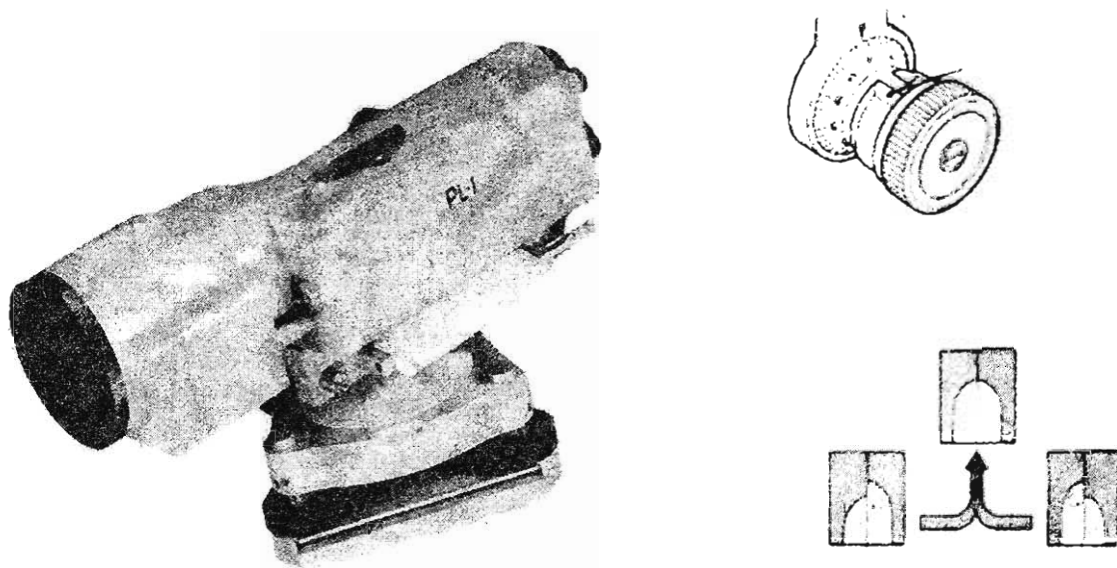


FIG. 4.1 Nivel sokkisha PL1 con micrómetro

Al igual que los niveles tradicionales, los niveles basculantes tienen que ser revisados y, en caso de necesidad, ajustados antes de iniciar cualquier trabajo de nivelación por el profesor de prácticas, no intente ajustarlas por sí mismo.

NIVELES AUTOMÁTICOS

“Los principios en los que se basan este tipo de instrumentos provienen de tiempos remotos y consisten en aprovechar la fuerza de atracción de la tierra. Ya los romanos usaban una regla T de madera que oscilaba apoyada en una patas también de madera y en la parte baja de la T colocaban un recipiente con plomo u otros objetos pesados. De esta manera, la parte más larga de la T definía la vertical por gravedad y su parte corta definía una línea de colimación perpendicular a la vertical.

Los niveles automáticos tienen su base en principios gravimétricos, carecen de nivel tubular en el telescopio, así como del tornillo basculante y otros elementos descritos para los niveles tradicionales y basculantes. Poseen un nivel del tipo circular (para colocar el aparato casi siempre en posición horizontal). Cubierto por una caja metálica, el telescopio posee un compensador automático que puede ser de péndulo, de prismas, de espejos o electromagnético.

La construcción es de tal forma, que el montaje de estos elementos hace las veces de uno o varios paralelogramos, en los cuales las lentes, espejos o prismas, están colocados en las caras verticales de los paralelogramos. Y puesto que se buscan centros gravimétricos apropiados, estas estructuras buscan siempre el equilibrio, proporcionando una línea de colimación que describe siempre planos horizontales. Una vez centrada la burbuja y el nivel circular, el movimiento de equilibrio de estos compensadores automáticos puede ser controlado por medio de una perilla que le proporciona fijación o libera movimiento a criterio del operador, al momento de hacer cada observación.

Este tipo de aparatos son insuperables en rapidez de operación, sólo los niveles basculantes muy precisos los rebasan en cuanto a resultados de precisión. Los hay desde muy pequeños para uso en la construcción hasta los muy complicados y de construcción muy fina y elaborada”².

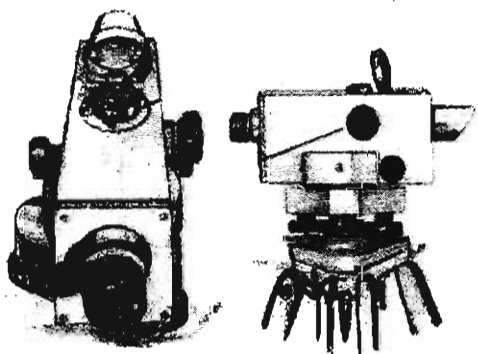


FIG. 4.2 Nivel automático Zeiss Jene T25

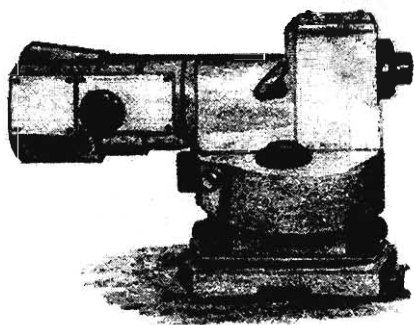


FIG 4.3 Nivel automático B2 LUFT

² op. cit.

CARACTERÍSTICAS DEL WILD NA2⁷

• PARTES DEL APARATO

1. Placa base.
2. Tornillo nivelante.
3. Anillo estriado del círculo hz, móvil.
4. Tornillo sin fin de movimiento fino hz.
5. Ventanilla para la iluminación del círculo hz.
6. Objetivo de antejo.
7. Visor.
8. Anillo cierre de bayoneta.
9. Ocular del antejo.
10. Ocular del microscopio para la lectura del círculo.
11. Pulsador para el control de funcionamiento.
12. Nivel esférico.
13. Prisma para la observación del nivel esférico.

14. Botón de enfoque fino y grueso.
15. Botón de micrómetro de la placa planoparalela.
16. Cubierta del micrómetro de la placa planoparalela.
17. Botón de fijación.
18. Cintas de suspensión.
19. Línea de puntería.
20. Prisma superior (fijo).
21. Soporte.
22. Péndulo con prisma.
23. Muelle elástico.
24. Botón para control del funcionamiento.
25. Amortiguador.
26. Tubo de amortiguación.

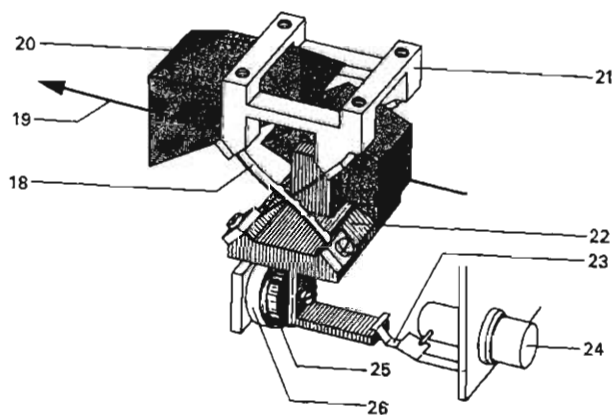
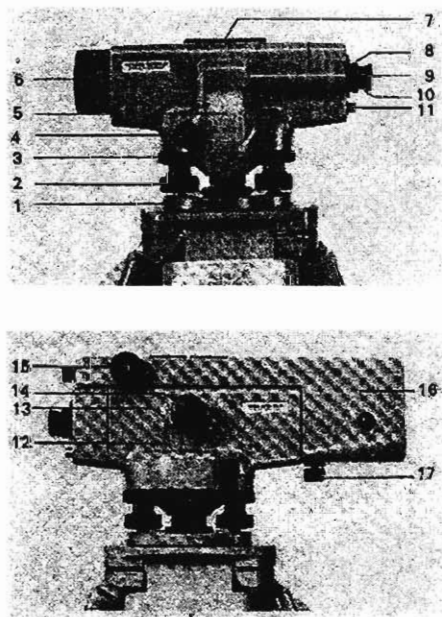


FIG 4.4 Componente del nivel automático Wild NA2

⁷ "Manual de referencia del WILD NA2", WILD HEERBRUGG.

La placa base circular (1) lleva un paso de rosca estándar que permite emplear el NA2 sobre todos los tripodes WILD. La parte superior girable se compone del anteojo con un compensador óptico-mecánico que nivela automáticamente la línea de la visual, después que el instrumento ha sido puesto horizontal con ayuda de su nivel esférico y los tres tornillos nivelantes (2).

El elemento compensador consiste en un péndulo con prisma (22), el cual está fijado por cintas dispuestas (18) en forma de cruz y unidas firmemente al armazón del compensador. El péndulo tiene un movimiento libre, controlado entre dos toques, que siempre se encuentra en equilibrio cuando el nivel esférico está centrado. La oscilación del péndulo viene eficazmente frenado por amortiguación por aire. El NAK2 tiene un botón para el control del funcionamiento (24). Presionando este botón antes de una lectura, el péndulo va empujado por un resorte (23) y se puede ver como la línea de puntería se desplaza e inmediatamente se equilibra de nuevo. De este modo ya no es necesario golpear el trípode o el instrumento. Además, uno se puede dar cuenta inmediatamente de que el nivel está todavía bien horizontal. Cuando por ejemplo la burbuja del nivel esférico se ha desplazado notablemente al alinear el anteojo hacia la mira, se ve después de presionado el botón que la línea de puntería no se equilibra amortiguadamente sino que se para bruscamente debido al toque del compensador.

El ocular (9) del anteojo lleva una división en dioptrías. Por medio de un anillo de bayoneta (8) el ocular puede intercambiarse por un ocular de otro aumento, el ocular de autocolimación, el ocular láser o bien la lámpara de ocular. Para obtener una imagen nítida de la mira, se dispone del botón de enfoque (14) con un movimiento grueso fino.

El anteojo está provisto de trazos estadimétricos 1:100.

Para una visual rápida, el NA2 tiene una sujeción de fricción con un tornillo sin fin, para el movimiento fino en ambos sentidos.

El modelo NAK2 va equipado además de un círculo horizontal (3) que lleva una graduación de 360° o 400 gon grabada en cristal. Esta graduación permite medir las direcciones y efectuar levantamientos del terreno por el método de las coordenadas polares entre los límites altimétricos fijados por la altura del instrumento en estación y la longitud de la mira. El círculo se lee con un microscopio a escala (10), cuyo ocular está a la izquierda y ligeramente por debajo del ocular del anteojo.

- MICRÓMETRO DE PLACA PLANOPARALELA

Para la nivelación de precisión, se emplea el micrómetro fijado sobre el objetivo del NA2. Girando el botón (15) del micrómetro, la placa planoparalela, colocada en su montura (16) bascula sobre su eje horizontal y se obtiene un desplazamiento paralelo de la línea de puntería hacia arriba o abajo.

La amplitud del desplazamiento es de 10 mm para el modelo estándar en división métrica y corresponde al intervalo de la división de la mira invar de nivelación Wild. El valor de este desplazamiento se lee directamente a 0.1 mm y estimado a 0.001 mm, en una escala grabada en vidrio que se observa en el ocular del micrómetro. La lectura 50 corresponde a la posición vertical de la placa planoparalela y por consiguiente, a una línea de puntería directa, sin desplazarse. La lectura de la mira es pues siempre superior en 5 mm al horizonte verdadero del instrumento, lo que no tiene ninguna importancia ya que estos 5 mm se encuentran tanto para la visual de atrás como para la visual de frente “f” y se eliminan al calcular la diferencia de altura:

$$\Delta H = (e + 5 \text{ mm}) - (f + 5 \text{ mm}) = e - f$$

- METODO DE EMPLEO

DESEMBALAJE Y PUESTA EN ESTACIÓN

Primeramente, controlar las uniones de las partes de madera y de metal del trípode. Poner en estación el trípode y abrir el estuche del instrumento y fijarlo inmediatamente sobre el trípode y volver a colocar la tapa para que el estuche permanezca limpio.

Durante la puesta de estación del trípode, las patas de éste deben hundirse en la tierra(la pierna paralela, a la dirección de la pata del trípode).

Hay que vigilar igualmente que la plataforma del trípode está aproximadamente horizontal y que el ocular del instrumento esté lo más cerca posible a la altura del ojo del observador

PUESTA AL HORIZONTE Y NIVELADO

Con la ayuda de los tornillos nivelantes (2) llevar la burbuja del nivel esférico (12) al centro del círculo de referencia. Para la determinación exacta del centro del círculo, observar la burbuja en el espejo prismático (13). Se debe encontrar siempre en el interior del círculo durante las mediciones, si no el compensador no trabaja correctamente.

Si el instrumento que se utiliza es el NAK2 (con círculo horizontal) y si es necesario medir ángulos horizontales, hace falta centrar el instrumento sobre el punto de estación. Para ello sacar la plomada de su bolsa, introducir el mango por debajo, en el tornillo de fijación del trípode y girarlo un cuarto de vuelta hacia la derecha (fijación de bayoneta). Desplazar el trípode hasta que la plomada penda encima del punto de estación procurando mantener la plataforma del trípode en posición lo más horizontal posible para facilitar el calado posterior del instrumento. Hundir en el suelo las patas del trípode. Aflojar ligeramente el tornillo de fijación del trípode y desplazar el instrumento sobre la meseta del mismo, hasta que la plomada esté exactamente encima del punto de estación. Quitar la plomada y guardarla de nuevo en la bolsa del trípode.

Procurando centrar el instrumento por debajo de un punto elevado, se desplaza el instrumento sobre la plataforma del trípode, hasta que la punta de la plomada se encuentre exactamente sobre la muesca del visor. (7).

ENFOQUE DEL ANTEOJO Y PUNTERIA

Dirigir el anteojo hacia un plano de fondo claro y de matiz uniforme o poner una hoja de papel blanco delante del objetivo y girar el ocular (9) del anteojo hasta que la retícula aparezca nítida y bien negra. A continuación girar dicho ocular en sentido contrario hasta el límite de la nitidez. La graduación en el anillo de las dioptrías, permite a un observador determinado encontrar inmediatamente el enfoque que conviene a su vista. Dirigir el anteojo hacia la mira colocada sobre el punto a nivelar, apuntando a través del visor (7) y colocar el trazo vertical de la retícula aproximadamente sobre el centro de la mira, girando el botón de movimiento fino (4). Girar el botón de enfoque (14) hasta que la imagen de la división de la mira aparezca nítida. Balanceando la cabeza delante del ocular, la imagen de la mira y la de la retícula deben permanecer inmóviles una con relación a la otra, si no, hay que hacer de nuevo el enfoque.

LECTURA DE LA MIRA

- ALTURA

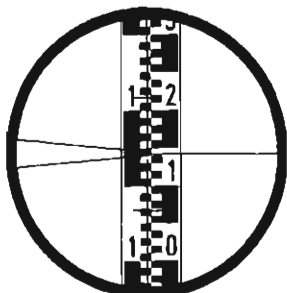


FIG. 4.5 Campo visual NA2, con mira de nivelación:

Lecturas:

Altimétrica;	114.3 cm
Distanciométrica;	
Trazo superior	121.6 cm
Trazo inferior	106.8 cm
Distancia	14.8 m

Después de haber enfocado la mira, comprobar, mirando en el prisma (13) que la burbuja del nivel esférico esté centrada. El pulsador de control (13) permite al observador un control absoluto del funcionamiento del compensador. Observando la mira se aprieta el pulsador y se observa cómo el péndulo oscila un instante y vuelve a equilibrarse; un movimiento suave y bien amortiguado. Leer entonces la posición del trazo nivelador de la retícula sobre la mira. En caso de avería del péndulo o de no estar centrada la burbuja esférica, el movimiento será abrupto.

El compensador pone horizontal de un modo automático, la línea de puntería. Puesto que la mira tiene numeración real directa, la lectura aumenta de abajo hacia arriba en el campo del anteojo. En caso de que haya reflejos de luz molestos se puede utilizar el quitasol.

Vibraciones en la imagen del anteojo, en caso de vientos fuertes o sacudidos, se pueden disminuir agarrando las patas del trípode en la parte superior con las manos. Esto no influye en la línea de puntería, estando ésta automáticamente nivelada por el compensador.

DISTANCIA

Para medir la distancia, leer sobre la mira la posición de los dos trazos cortos estadimétricos horizontales visibles en el campo del anteojo. La sección de mira interceptada entre estos dos trazos representa la centésima parte de la distancia entre el punto de estación del instrumento y el de la mira (precisión: aprox. 1:500). Efectuar la lectura de la mira sucesivamente en el trazo superior y después en el trazo inferior. La lectura superior menos la lectura inferior multiplicada por 100 da la distancia en metros. La lectura de la sección de mira es todavía más sencilla girando el tornillo de la base nivelante más cercano a la línea de puntería, hasta que el trazo inferior se encuentre sobre un número entero de decímetros, en la mira y a continuación, contando los

centímetros hasta el trazo superior. El cálculo por memoria resulta muy fácil, teniendo que restar de una cifra no entera, (trazo superior) una cifra entera (trazo inferior).

NIVEL ELECTRÓNICO DL-101/102⁸

En su aspecto óptico mecánico tiene las mismas características que cualquier otro equialtímetro de los antes mencionados, así mismo se compone de una base nivelante, tornillo de enfoque, tornillos de movimiento horizontal y tangencial, etc.

Las ventajas de un nivel electrónico sobre los tradicionales es la incorporación de la parte electrónica a la hechura del equipo, de manera que se facilite la toma de lecturas y almacenamiento de los datos de una manera más rápida, segura y eficaz.

La incorporación de la electrónica a este nivel demanda que se le implante aditamentos adicionales como es una batería, un puerto de comunicaciones y/o transferencia de datos, un tablero de opciones de configuración, de medición y de un display (pantalla) donde se visualizarán los datos leídos y/o calculados por el programa interno del instrumento.

PRECAUCIONES GENERALES

1. Trípode

Utilice un trípode de madera con el nivel cuando sea posible. Un trípode de meta genera vibraciones que pueden afectar la precisión de la medición. Se deben apretar los tornillos en cada pierna del trípode firmemente.

2. Cuidados del instrumento contra golpes.

Cuando transporte el instrumento refuerce las medidas de protección para reducir el riesgo de golpes. Golpes violentos causarían mediciones defectuosas.

3. Transportación del instrumento.

Cuando cargue el instrumento, siempre utilice su agarradera.

4. Exposición del instrumento a la luz del sol.

No exponga al instrumento al calor extremo (+122 grados Fahrenheit) más de lo requerido, ya que puede afectar su ejecución. Nunca dirija el lente del instrumento hacia la luz del sol sin un filtro, ya que podría dañar los componentes internos del instrumento.

5. Cambios súbitos de temperatura.

Cualquier cambio súbito de temperatura podría reducir el rango de la distancia de la medición.

6. Nivel de la batería.

Cheque el nivel de la batería antes de operar el instrumento.

⁸ Traducido del manual de instrucciones "TOPCON", ELECTRONIC DIGITAL LEVEL, DL-101 Y DL-102.

NOMENCLATURA Y FUNCIONES

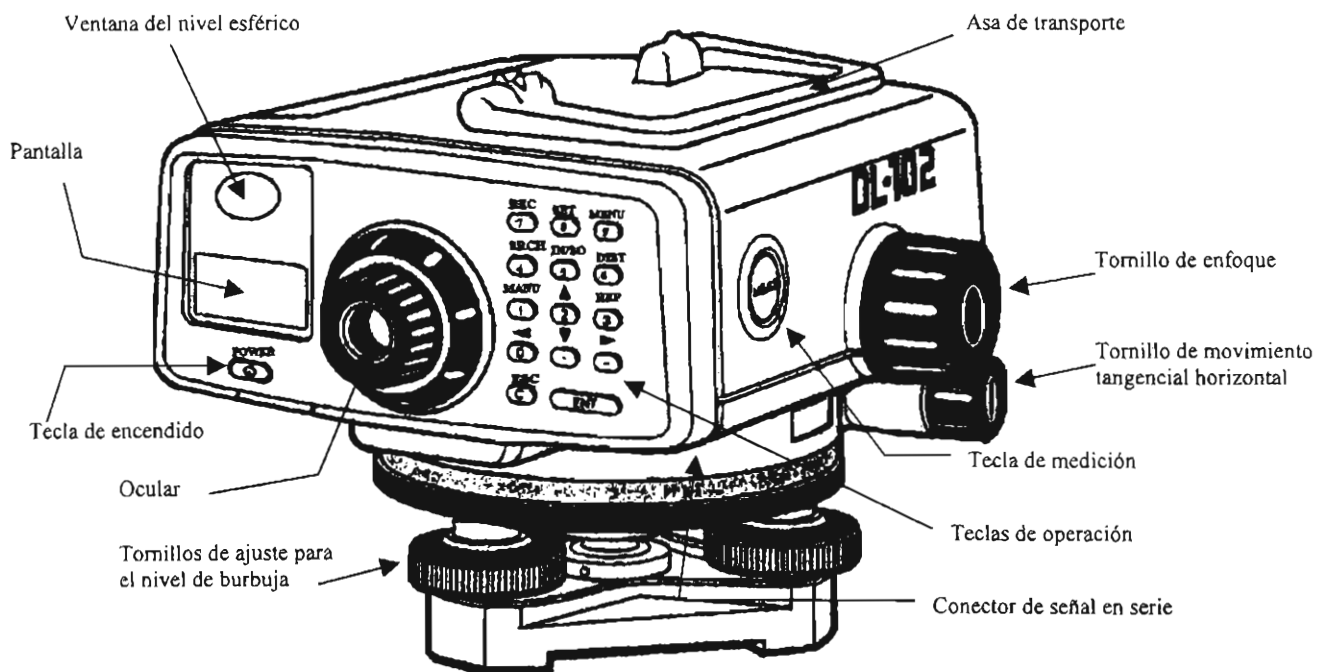
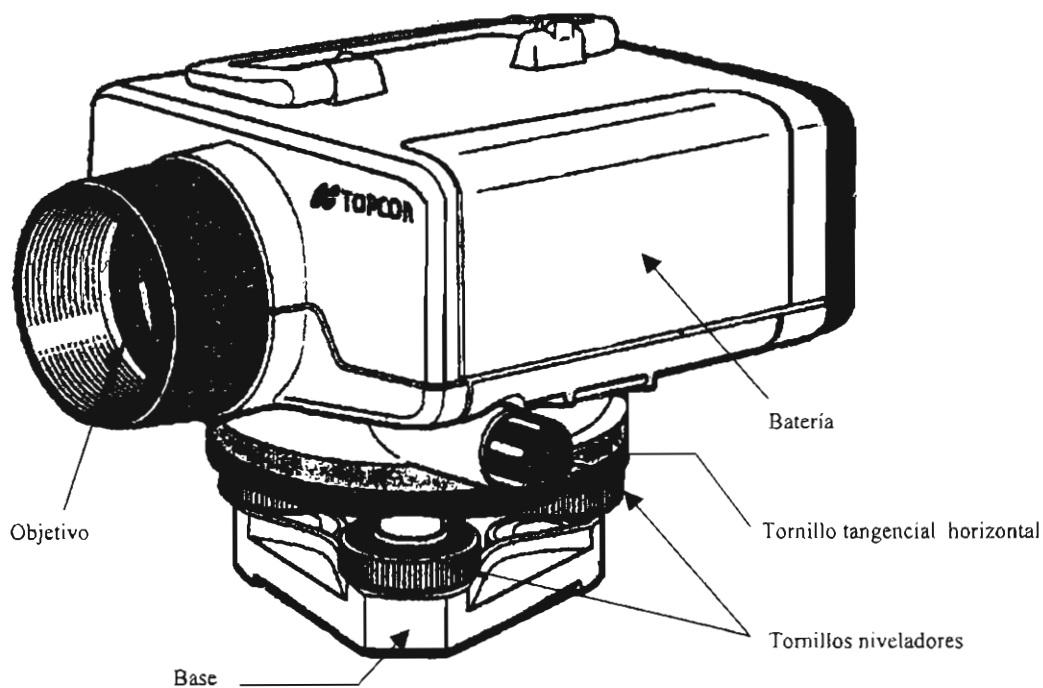


FIG 4.6 Nivel electrónico

PANEL DE CONTROL

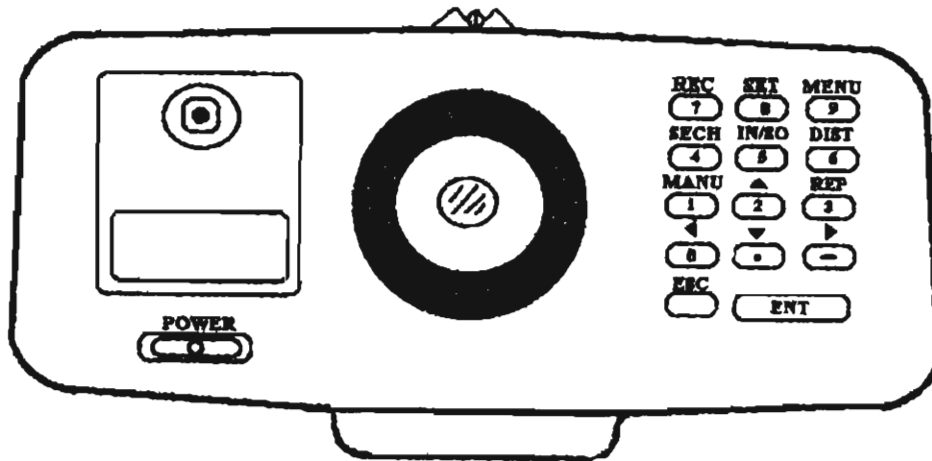


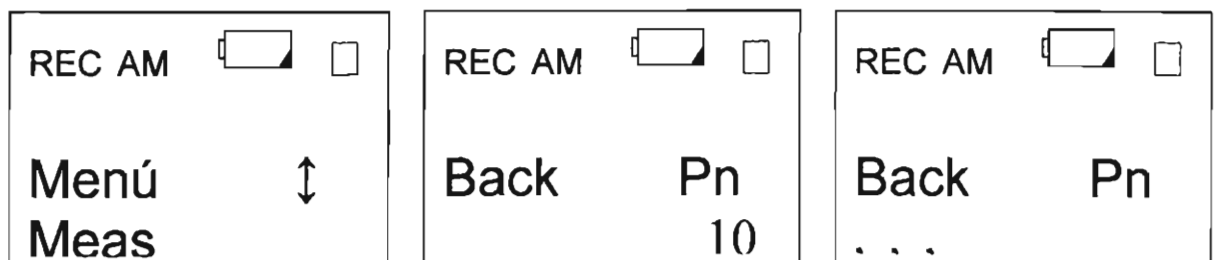
FIG 4.7 Carátula del nivel electrónico

Las teclas de mayor importancia serán la tecla MENU debido a que en esta opción se encuentran las opciones necesarias para realizar o correr una nivelación diferencia y la tecla SET que es en este menú donde se encontrarán todos los parámetros del equipo y que el usuario deberá verificar cada vez que inicie un trabajo y/o proyecto y finalmente la tecla MEAS que permite realizar la medición y/o lectura sobre la mira (estadadl).

PANTALLA

- Pantalla
La pantalla es una matriz de dos líneas LCD y tiene ocho dígitos por línea.
- Ajuste del brillo
Se puede ajustar el brillo de la pantalla a una de las nueve escenas.

Ejemplo:




Medida normal Línea nivelada
NOMBRE Y FUNCIÓN DE LA TECLAS DEL PANEL DE CONTROL

Medir

TECLAS	DESCRIPCIÓN DE LAS TECLAS	FUNCIONES
REC	Grabar (RECORD)	Grabar los datos en la memoria interna del equipo y/o dispositivo de colección.
SET	Parámetros (SET KEY)	Menú de edición de la configuración de los parámetros del equipo.
MENU	Menú (MENU KEY)	En este menú el usuario puede varios parámetros acerca de la nivelación (cambio de estación, finalizar nivelación, crear un trabajo nuevo, continuar con la nivelación, etc.)
SRCH	Búsqueda (SEARCH KEY)	Busca en la memoria datos grabados.
IN/SO	Puntos intermedios (INTERMEDIATE POINT)	Esta tecla se usa para medir puntos intermedios en una nivelación
DIST	Medición de la distancia (DISTANCE MEASURE)	Mide la distancia del instrumento a la mira.
MANU	Introducción Manual (MANUAL ENTRY KEY)	Modo de introducción manual de datos.
▲ ▼	Teclas de selección	Teclas usadas para la selección de una opción deseada.
◀ ▶	Teclas de selección	Teclas para seleccionar los caracteres alfanuméricos deseados.
REP	Repetir una medición (REPEAT MEASURE)	Esta tecla repite una medición.
ESC/C	Salir / Limpiar (ESCAP / CLEAR)	Desactiva una operación y/o función regresando a la operación y/o menú anterior.
0 ~ 9	Teclas numéricas (NUMERIC KEY)	Teclas numéricas.
ENT	Aceptación (ENTER KEY)	Acepta una operación, función o datos para grabar.
MEAS	Medición (MEASUREMENT)	Inicia la medición de lecturas en las miras.
POWER	Encendido / Apagado (POWER KEY)	Enciende y/o apaga el aparato.

- Iconos e indicaciones del display

PANTALLA	EXPLICACIONES
REC	Grabar
↑	Presione [▲] o [▼] para desplegar el próximo menú
So	Salir del modo en el que se encuentra
BM	Punto de referencia
Bk	Alza de puntería
Fr	Previsión
	Indicador de la carga de la batería
InnstHt	Altura del instrumento
CP	Punto de cambio
GH	Elevación
Int	Medición del punto intermedio
□	Hay otras páginas o menús que se pueden ver presionando [▲] o [▼]

Errores de pantalla

DISPLAY	EXPLICACIÓN	SOLUCIÓN
Illegal Select	La opción del menú que seleccionó no está disponible en el modo presente del instrumento.	Suspenda todas las operaciones y retorne a modo del menú antes de intentar procesar un programa de nuevo.
Input	Datos inválidos de entrada.	Vuelva a introducir los datos.
Gh Error	La elevación calculada excede el límite numérico del nivel.	Presione la tecla (ESC) para volver a la medición de la pantalla.
Memory last 90%	90 % del área de la memoria está ocupada por los datos.	Presione la tecla (ESC). Limpie la memoria después de descargar el dato.
Memory Full	El área de la memoria del instrumento está llena de datos.	Presione la tecla (ESC). Limpie la memoria después de descargar el dato.
Setting Error	La distancia horizontal entre A y B excede 10 m.	Presione la tecla (ESC). Coloque el instrumento de tal forma que los punto A y B estén dentro de 10 m.
Cold Error	Se ha colocado un valor inválido durante el proceso de ajuste.	Presione la tecla (ESC). Reinicie el procedimiento de ajuste.
Cmpe Err	La inclinación del instrumento excede la capacidad del compensador.	Presione la tecla (ESC). Nivele el instrumento adecuadamente.
Dark Err	El nivel no puede leer el estadal debido a la falta de luz.	Presione la tecla (ESC). Los datos tendrán que introducirse manualmente hasta que la iluminación mejore.
Light Err	El nivel no puede leer el estadal debido al exceso de luz.	Presione la tecla (ESC). Quite la fuente intensa de luz.
E 70's	Medición errónea. No se ve adecuadamente el objetivo. La distancia entre el instrumento y el objetivo es demasiado pequeña o muy grande.	Presione la tecla (ESC) y vuelva a realizar la medición dentro del rango de 2 a 100 metros. Quite las obstrucciones.
E88	Existe mal funcionamiento dentro del CPU.	Apaga y encienda de nuevo el instrumento.
E90' 96	Error de comunicación.	Presione la tecla (ESC). Cheque los parámetros de comunicación del nivel y/o aparatos externos.
E98	El nivel de la batería es bajo.	Presione la tecla (ESC). Recargue y vuelva a instalar la batería.

E99	Aparece cuando existe alguna anomalía en la memoria del instrumento.	Apaga y enciende nuevamente el instrumento.
-----	--	---

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

El desarrollo de esta práctica será similar al descrito en la práctica de nivelación diferencial del guión de prácticas de *topografía* del curso anterior.

REPORTES (por brigada)

De campo:

- Nombre de la práctica.
- Lugar y fecha de realización.
- Número de brigada.
- Presentación tabular de los datos.
- Determinar el error de la nivelación (se haya empleado el método de doble punto de liga o doble puesta de aparato).
- Un croquis a mano alzada del recorrido.

De casa:

- Nombre de la práctica.
- Lugar y fecha de realización.
- Número de brigada.
- Presentación tabular de los datos.
- Determinar el error de la nivelación (se haya empleado el método de doble punto de liga o doble puesta de aparato).
- Presentar en una hoja de papel albanene el plano correspondiente al recorrido señalando los bancos de nivel, así como los puntos de liga con sus correspondientes cotas. Todo esto bien entintado y con buena presentación.

PRÁCTICA 5

CONTROL DE ASENTAMIENTOS

OBJETIVO

Que el alumno aprenda y realice un control de asentamientos de edificios apoyándose en métodos topográficos.

MATERIAL

- 1 Nivel automático con micrómetro de placa plano paralela
- 1 estadal
- 1 Flexómetro

INTRODUCCIÓN

Las características esfuerzo- deformación de un suelo o de una roca, determinan el asentamiento que una estructura dada puede experimentar. En algunos casos, también puede servir como una indicación de las dificultades de construcción que pueden surgir durante la excavación dentro de las masas de suelo.

Los asentamientos de las estructuras construidas sobre mantos de arcilla blanda, que algunas veces están enterrados profundamente, debajo de materiales más resistentes y menos compresibles, pueden producirse lentamente y alcanzar grandes magnitudes. Debido al retraso que existe entre el final de la construcción y la aparición de las grietas, en un tiempo el origen de estos asentamientos se consideró misterioso.

Estudiar y entender estos fenómenos escapa del objetivo de esta practica, lo que sí es importante es tener en cuenta el por qué de los asentamientos para así poder actuar en caso de que se presente este fenómeno; lo que es importante en este caso y esta dentro de nuestro objetivo es el aprender a realizar un buen control de asentamientos; para ello es importante tomar en cuenta algunos detalles que parecerían de poco cuidado pero que en realidad de ello depende el que se realice un buen trabajo.

Todo trabajo de nivelación se apoya fundamentalmente en las nivelaciones de campo y el cálculo en gabinete, pero para conocer los efectos de las deformaciones que presenta un edificio es necesario el conocimiento previo de: El estado actual, sus instalaciones, los edificios vecinos y las características geotécnicas sobre la que está edificada.

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN E INSTALACIONES PREVIAS.

“En esta etapa se estudian los requisitos que el geotecnista solicita para la nivelación del edificio como son: la precisión de la nivelación de 1 o 2 mm, el período de las nivelaciones consecutivas, los bancos de referencia a los que se desea ligar o la instalación de un banco de nivel profundo, la instalación de los bancos superficiales y los puntos de control a instalar. La carencia de información a este respecto, origina muchas veces que estas nivelaciones se conviertan en experimentos de acuerdo a los conocimientos y conceptos que posean el geotecnista o el topógrafo.

También en esta etapa se localizan los sitios del edificio donde presenten: grietas en uniones de columnas, muros y losas; emersión o hundimiento visibles respecto a la superficie del terreno o la banqueta, la inclinación visible, etc. Con estos elementos básicos se localizan zonas del edificio con mayores muestras de deformación, donde imprescindiblemente se tendrán que instalar puntos de control.

a) EL BANCO DE NIVEL PROFUNDO

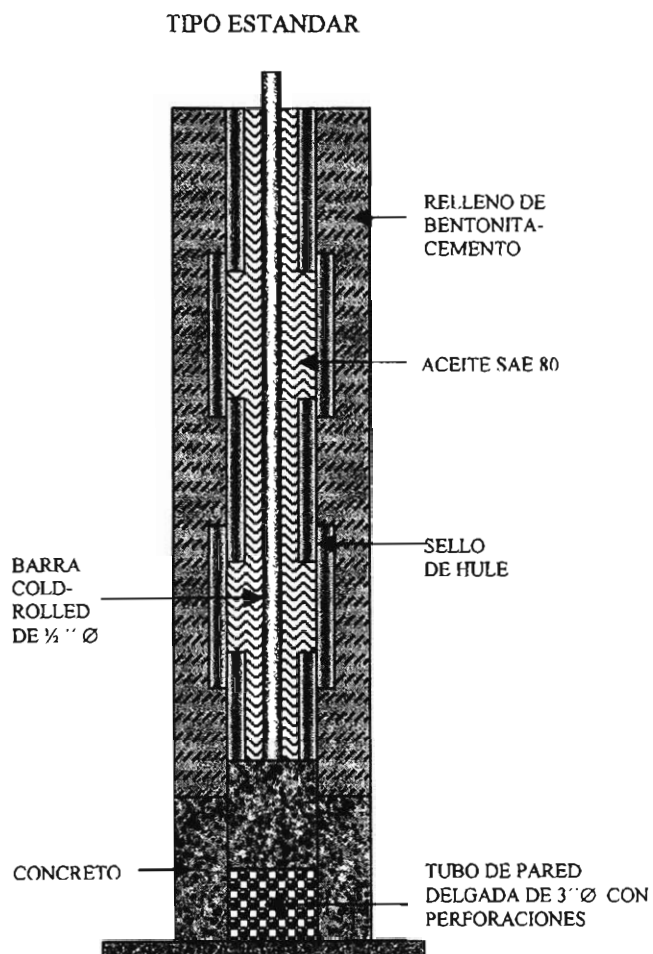
Los lugares donde se instalan los BNP deben de tener un acceso cómodo para la nivelación; junto al BNP no debe de haber líneas subterráneas de comunicación, movimientos internos de maquinaria o de transporte. La longitud del BNP depende de la profundidad de los depósitos firmes y la localización del edificio en la ciudad, la proximidad del BNP respecto al edificio se establece de preferencia fuera de zona de propagación de presión ejercida por el edificio o los edificios vecinos con mayor carga.

La instalación se realiza por medio de una perforación, en la cual se hace llegar hasta el estrato resistente dos tubos de diferentes diámetros y tamaños: El de diámetro mayor generalmente de 76 mm, sirve como ademe para evitar derrumbes, con una longitud de un medio de la profundidad a la que se halla el estrato resistente, la cual depende de la localización del edificio en el mapa de las zonas geotécnicas, y el diámetro menor de 25 mm es propiamente el BNP y se hace llegar hasta el estrato resistente. Estos bancos se protegen construyendo un registro con tapa metálica, la profundidad a la que se debe cortar el tubo de BNP se rige por el hundimiento promedio anual de la ciudad para evitar cortes y renivelaciones frecuentes.

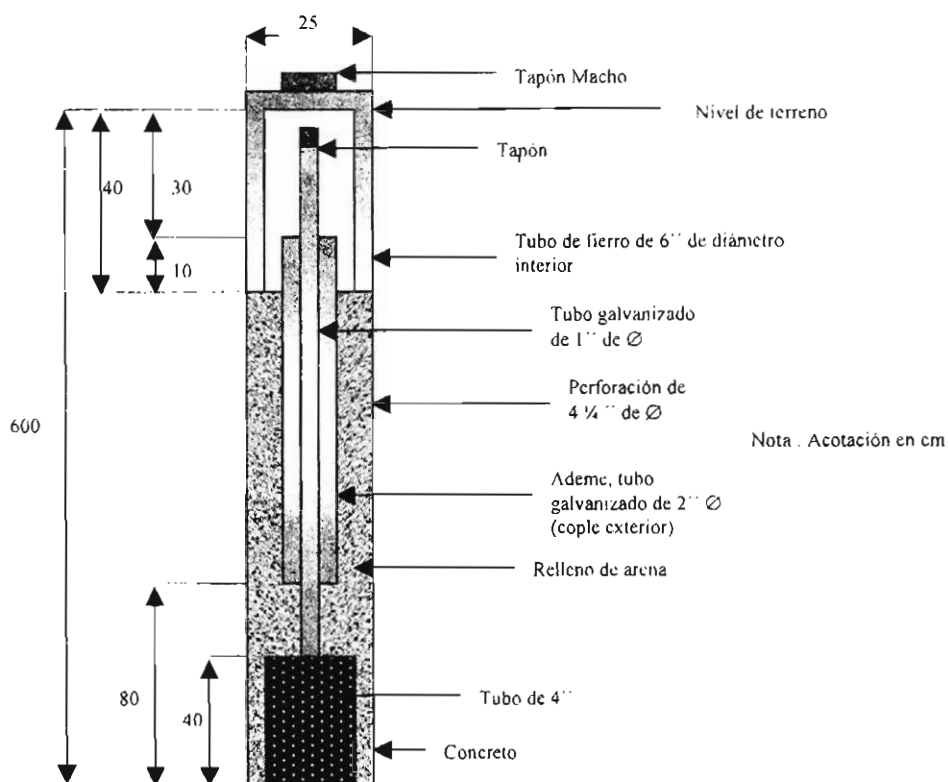
En algunos países se aconseja instalar un mínimo de tres bancos de nivel profundos, para controlar la estabilidad de las mismas. En la ciudad de México el costo de las perforaciones y las condiciones geotécnicas no permiten si no aprovechar perforaciones de pozos de sondeos para instalar en ella el BNP”⁵.

⁵ Tesis: “*Metodología para el registro de movimientos verticales de edificaciones*”, México, 1991.

A continuación algunos BNP utilizados y especificados por PEMEX⁶:



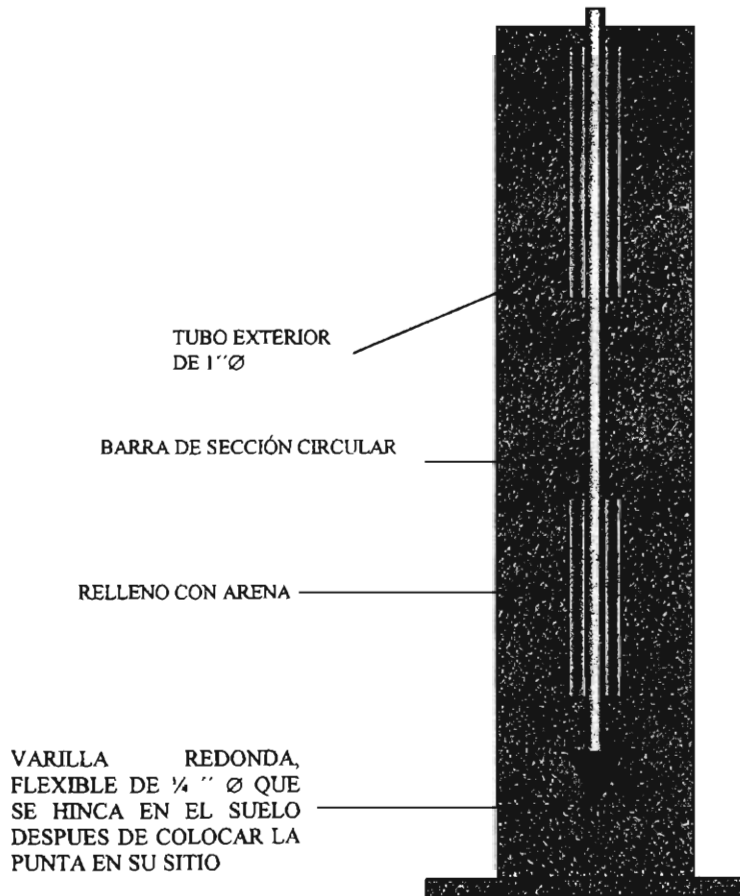
⁶ "Manual de procedimientos de ingeniería de diseño", PEMEX, 1990.



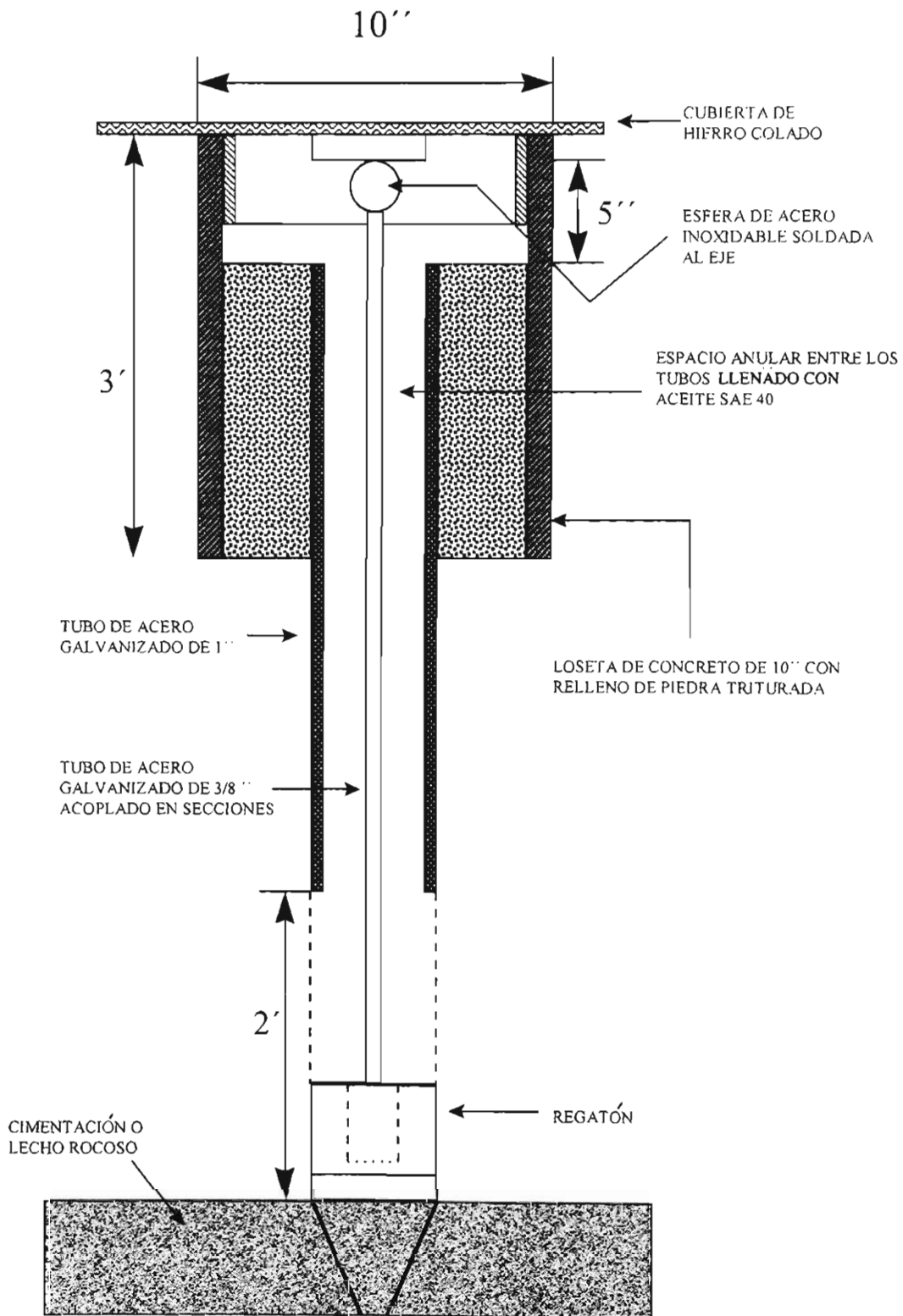
Procedimiento:

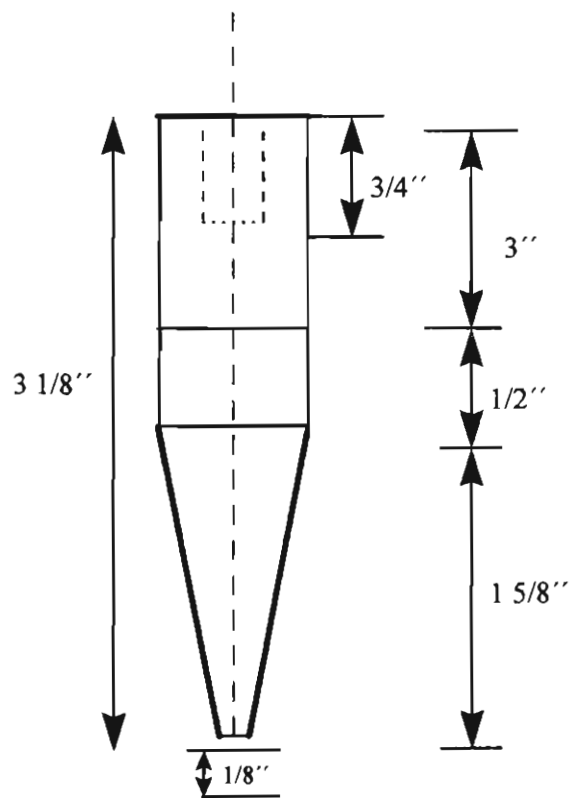
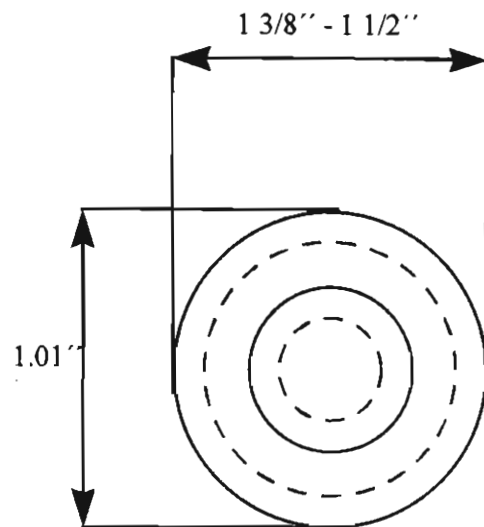
1. Excavación superficial de 25 cm de diámetro por 40 cm de profundidad.
2. Colocación de la boquilla de tubo de fierro de 6" y cementación exterior del mismo.
3. Perforación de 4 1/4" de diámetro hasta la profundidad de desplante del banco y limpieza del pozo con chiflón de agua por espacio de 5 min.
4. Colocación del tubo interior de 1" con su muerto de concreto.
5. Colocación del tubo de ademe de 2" de diámetro.
6. Colocación del relleno de arena entre el tubo de ademe y la perforación de 4 1/4" de diámetro.

TIPO BARRA POINT



Un tipo de banco de nivel fundamental diseñado por el Consejo Nacional de Investigaciones de Canadá, puede verse a continuación:

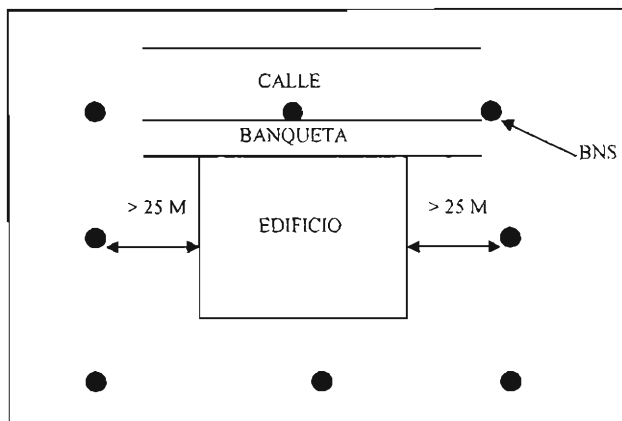




REGATÓN

b) LOS BANCOS DE NIVEL SUPERFICIALES (BNS)

“La ubicación y distribución de estos bancos depende de los siguientes factores: El espacio que permita la instalación fuera de los movimientos del edificio, las construcciones vecinas y la accesibilidad para su nivelación. La instalación se realiza hincando varillas metálicas de 19mm de diámetro y 1.5 a 2.00 m de longitud, la cual depende de las condiciones del terreno, se protegen al igual que los BNP construyendo registros más económicos, ya que se deben instalar como mínimo tres y distribuirlos alrededor del edificio si la accesibilidad y las construcciones vecinas lo permiten. El objeto de los bancos de nivel superficial es corroborar el hundimiento de la zona y observar la estabilidad del edificio respecto a ésta.



BANCOS DE NIVEL SUPERFICIAL

Muchas veces el material de construcción de las calles y banquetas no permiten hincar varillas, por lo que se anclan placas metálicas con leyendas “ NO DESTRUIR” en guarniciones y losas de concreto y asfalto hidráulico.

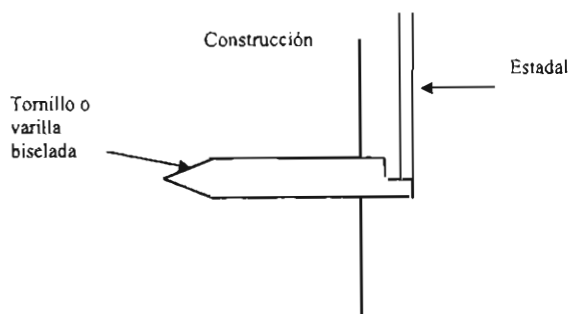
c) LOS PUNTOS DE CONTROL

Son de dos clases: Interiores y exteriores.

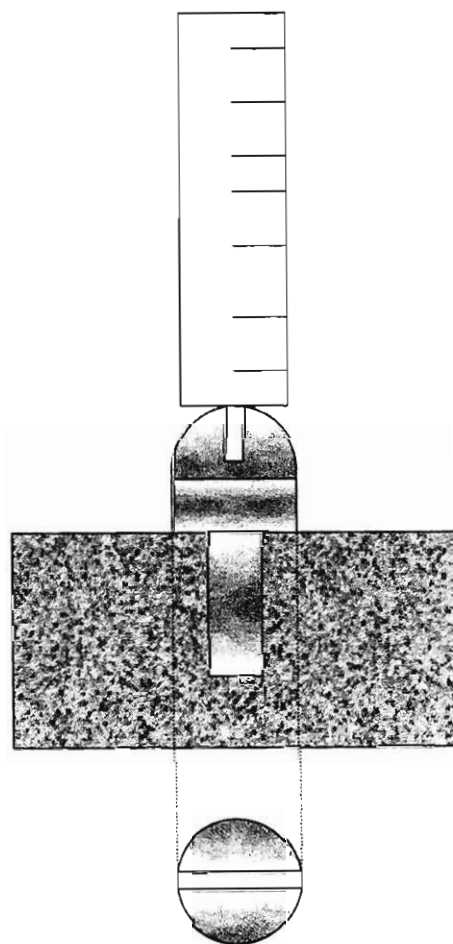
Interiores: Son los que se instalan en columnas o elementos de la cimentación; estos son tornillos Allen de 3/16”, empotrados en las columnas de concreto o son las placas de las columnas metálicas.

Se hace un proyecto de distribución de los puntos de control en el plano obtenido en el levantamiento del edificio o en alguno que el geotecnista proporciona de la construcción de cimentación; se seleccionan las columnas a nivelar, que depende de la cantidad de ellas y del tipo de cimentación, siendo primordiales las que hacen esquina y contorno del edificio. En el caso de cimentaciones someras se nivelan todas las columnas posibles, y en las demás cimentaciones bastarán con los ejes de construcción extremos y centrales, tanto numérico como alfanuméricos. Estos puntos se ubican de tal manera que se vean la mayor cantidad posible de ellos, en una puesta de aparato.

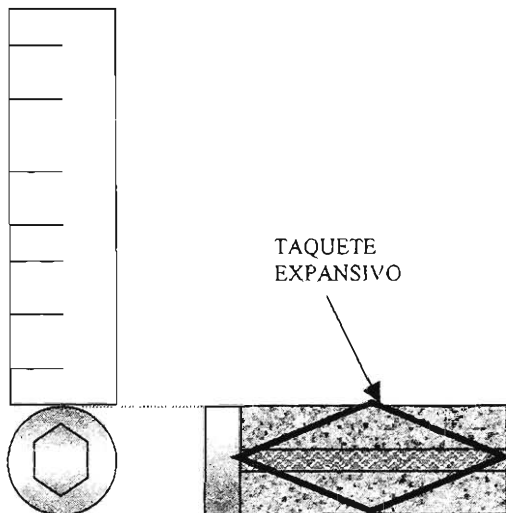
Exteriores: Son puntos instalados fuera de la construcción y son tornillos del tipo de cabeza de 1/8'' por 1.1/4'', clavos de concreto, relieves de concreto lo suficientemente estables y que permitan girar la mira, varillas incrustadas, tornillos metidos con taquetes expansivos o simplemente marcas hechas con pintura, por lo general se utilizan estas últimas en forma de punta de flecha (∇).”⁵



TORNILLO DE CABEZA REDONDA (GOTA) PARA PUNTOS DE LIGA

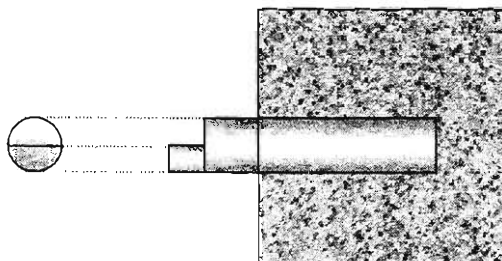


⁵ op. cit.

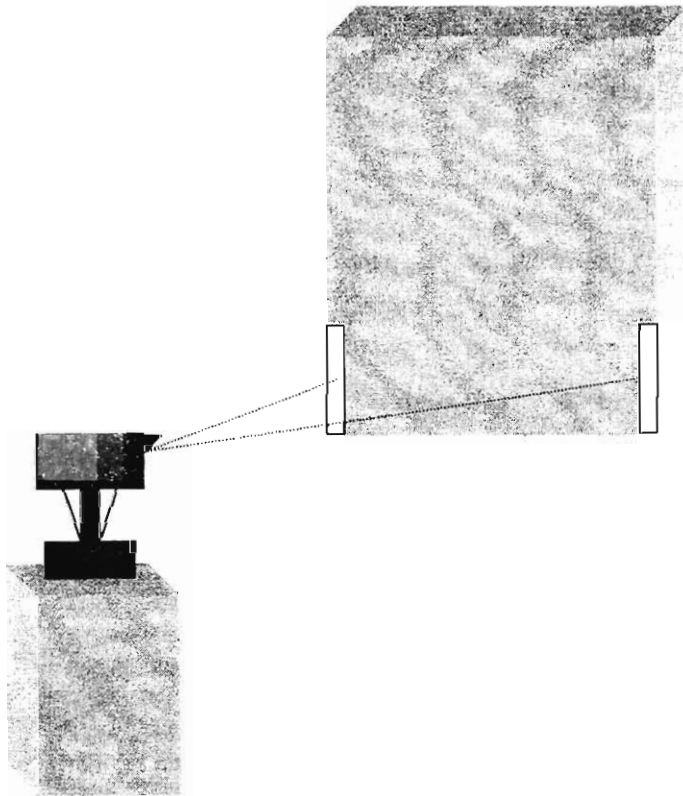


TORNILLO DE CABEZA
CIRCULAR PARA
LLAVE ALLEN

VARILLA BISELADA



En algunas ocasiones durante la construcción se empotran miras invar en algunas columnas de la edificación; cercano a la obra se construye una pequeña pila o monumento de concreto el cual se considera que es lo bastante confiable para que sirva como banco de nivel, este tipo de procedimiento por lo general únicamente se utiliza mientras está en construcción la obra, posteriormente, una vez acabada la construcción de la misma se remueven las miras y se quita el banco provisional de control.



El objeto de estos puntos es conocer el efecto que ocasiona el movimiento del edificio al predio o edificio colindante, así como el efecto del fenómeno de succión o emersión generado por el edificio, así como también conocer la dimensión del movimiento respecto a la calle o construcciones vecinas. La distribución se realiza prolongando los ejes de construcción hacia los lados que permitan las construcciones vecinas, en caso contrario; instalar estos puntos en los frentes de los edificios vecinos.

d) *DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE LIGA*

“Estos puntos se distribuyen tomando en cuenta tres factores principales que son:

1. Permitir que el aparato se pueda instalar a la mitad entre dos puntos consecutivos.
2. Se ubicarán en lugares estratégicos, que permitan utilizarse para nivelar la mayor cantidad posible de puntos de control.
3. Deben necesariamente formar circuitos para una mejor compensación posterior.

La instalación se realiza en losas de concreto, donde se perforan dos hoyos para tornillos de cabeza redonda de 1/8'' por 1.1/4''. Se ubican en lugares que no puedan ser destruidos fácilmente como en: pie de columnas, muros, etc. Para llevar un control de desnivel entre estos tornillos uno de ellos lleva una rondana más que la otra.”⁵

EJECUCIÓN DE LA NIVELACIÓN

En toda nivelación es conveniente comprobar, para tener la seguridad de lo que se está haciendo. Existen muchas nivelaciones de comprobación, como son:

1. Nivelación de ida y regreso.
2. Nivelación con doble altura de instrumento.
3. Nivelación con doble punta de liga.
4. Nivelación con estadal reversible.

A continuación se anexa un formato de registro de un control de asentamiento realizado en la UAM, Azcapotzalco.

⁵ op. cit.

DESARROLLO

- El profesor de prácticas indicará a cada brigada la construcción a revisar, así como el banco de nivel respecto al cual se llevará a cabo la nivelación.
- Una vez establecido el punto de partida se procederá a llevar la nivelación con los métodos ya conocidos hasta la construcción.
- Identificado el primer punto de referencia sobre la construcción se tomará su cota respecto al banco de nivel, a partir de ahí las puestas de aparato deberán ser alrededor de toda la construcción con el fin de revisar todos los lados de la misma y comprobar si existen asentamientos diferenciales.
- Una vez terminado el recorrido alrededor de la construcción se deberá regresar al banco de nivel de partida para llevar a cabo el cierre y comprobación de la nivelación. Se recomienda que los puntos de liga sean distintos a los utilizados en el recorrido de inicio con el fin de disminuir errores y comprobar el cierre.

REPORTES

De campo

Se entregara por brigada conteniendo:

- Nombre y número de la práctica.
- Lugar y fecha de realización.
- Número de brigada.
- Datos obtenidos en forma tabular y bien definidos los puntos de referencia sobre la construcción.
- Comprobación de cálculo.
- Error en la nivelación.
- Tolerancia.
- Croquis a mano alzada del lugar y recorrido de la nivelación, así como definido el banco de nivel de referencia.

De casa

- Nombre y número de la práctica.
- Lugar y fecha de realización.
- Número de brigada.
- Datos obtenidos en forma tabular y bien definidos los puntos de referencia sobre la construcción (Incluir croquis).
- Comprobación de cálculo.
- Error en la nivelación.
- Tolerancia.
- Comentarios y conclusiones sobre la práctica.

PRÁCTICA 6 TRIANGULACIÓN

OBJETIVOS

- Que el alumno adquiriera los conocimientos básicos de la triangulación topográfica.
- Que el alumno realice una triangulación topográfica en campo.

EQUIPO Y MATERIALES PARA LA PRÁCTICA

- 1 Teodolito de micrómetro óptico
- 1 Distanciómetro
- 4 Plomadas
- 2 prismas (mínimo 1)
- 3 Banderolas (radiotransmisores, emisor-receptor “Walkie Talkie,” en caso de tenerlos)*

* Deberá traer la brigada.

INTRODUCCIÓN

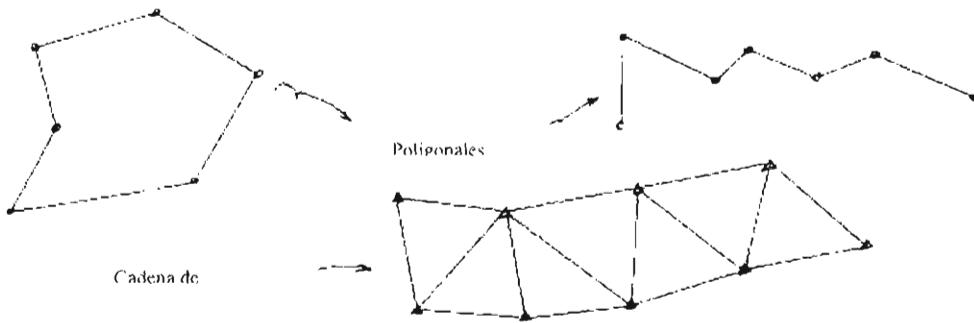
“La triangulación es un tipo de levantamiento que se realiza tanto en la topografía como en la geodesia; y en ambos casos para regiones a nivel nacional para levantamientos extensos en los que se considera la forma real de la tierra para su representación gráfica por medio de la cartografía, y la topografía para trabajos específicos o proyectos en regiones menos extensas, consideradas como planas. Con frecuencia las triangulaciones topográficas se ligan a puntos geodésicos, independientes o pertenecientes a la red geodésica nacional.

Algunos de los trabajos topográficos que requieren triangulación son:

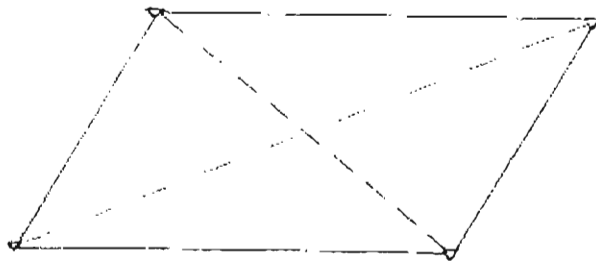
- Mapas y planos topográficos de porciones de terreno relativamente grandes.
- Apoyo en trabajos de superficie y subterráneos tanto para minas como para la construcción de túneles y lumbreras.
- Apoyo para los levantamientos y construcciones en puentes, presas, carreteras, etc.
- Apoyo terrestre para vuelos fotogramétricos.

Los levantamientos generalmente se realizan apoyándose en poligonales de poca, regular o buena precisión, pero en la medida que aumentan las dimensiones del terreno y los requerimientos de precisión se hace necesario que las figuras geométricas sean más estables y rígidas. En este sentido, el menor de los polígonos es el triángulo, de manera que ligando varios de ellos por uno o más de sus lados definimos una figura geométrica de apoyo a base de triángulos.

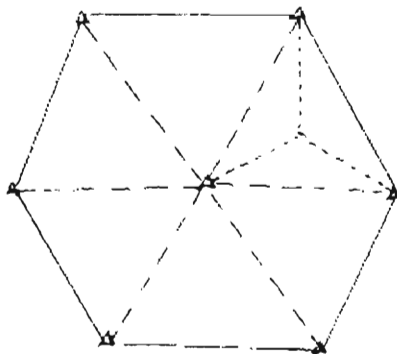
Una serie de triángulos ligados en forma lineal nos define una cadena de triángulos, que es mucho más estable que una poligonal simple.



También se acostumbra utilizar cuadriláteros con diagonales, ya sea uno solo o varios concatenados.



Pueden considerarse polígonos con punto central, aislados o ligados entre sí.



Para ciertos levantamientos se puede ligar un cuadrilátero con diagonales, por medio de una poligonal, a otro cuadrilátero con diagonales.

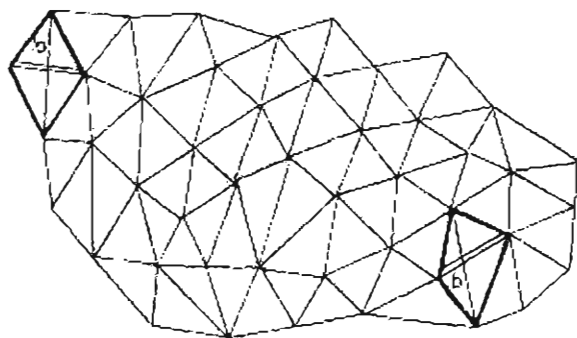


Cuadriláteros con diagonales unidos por medio de una

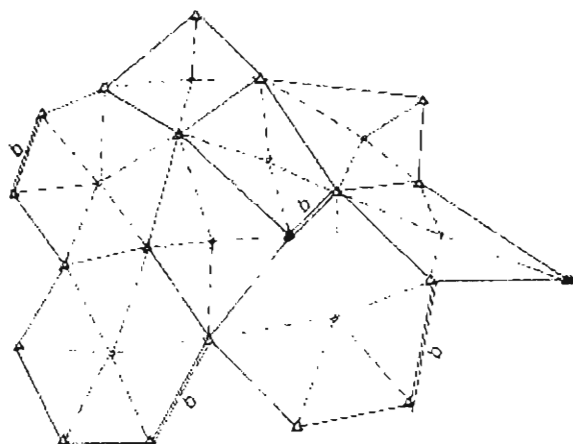


Cadena de cuadriláteros con diagonales

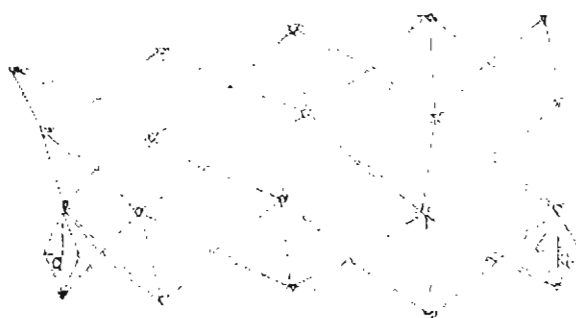
Cuando las regiones por cubrir sean extensas, no sólo en una dirección se pueden cubrir por medio de una red de triángulos ligando uno, dos y hasta sus tres lados, sino ligando también cuadriláteros con diagonales o polígonos con punto central.



Red de triángulos



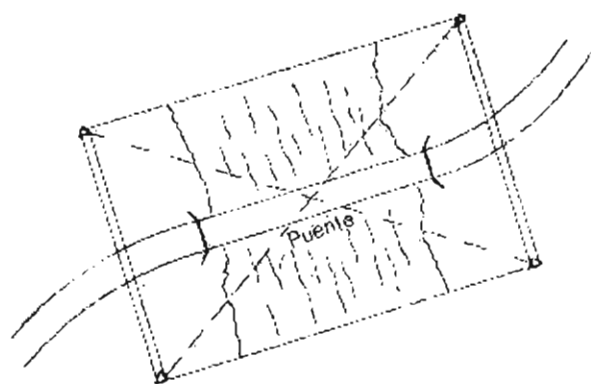
Red de polígonos con punto



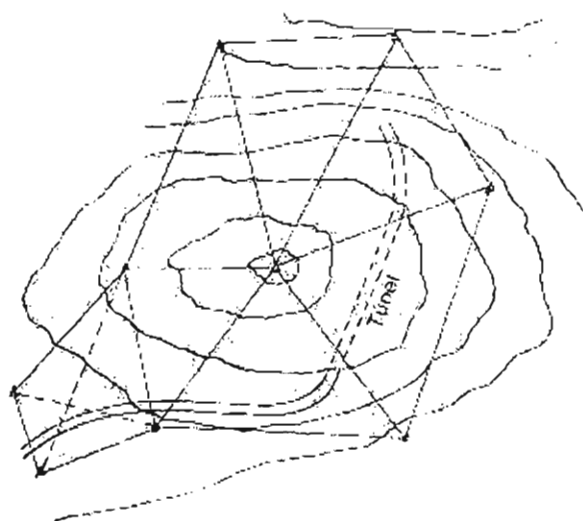
Red de polígonos con diagonales y punto

Como es fácil notar, este tipo de figuras dan un apoyo geométrico más rígido, y de acuerdo con su precisión se les clasifica en triángulos de primero, segundo y tercer orden (en el caso de trabajos geodésicos) y en triangulaciones principales y secundarias en los trabajos topográficos. Muy frecuentemente estas últimas están ligadas a triangulaciones geodésicas de 1°, 2° o 3er orden, según los objetivos que se persigan.

Para dar mayor rigidez y precisión las triangulaciones requieren instrumental especial, métodos de campo y gabinete meticulosos, y personal especializado, pues no es admisible ningún error y se requiere un control absoluto sobre el tamaño y compensación de los errores, bien se trate de una sola figura, una cadena o una red. Esta será compensada mediante los diferentes postulados de la teoría de los errores conforme al número, tipo y tamaño de las figuras.



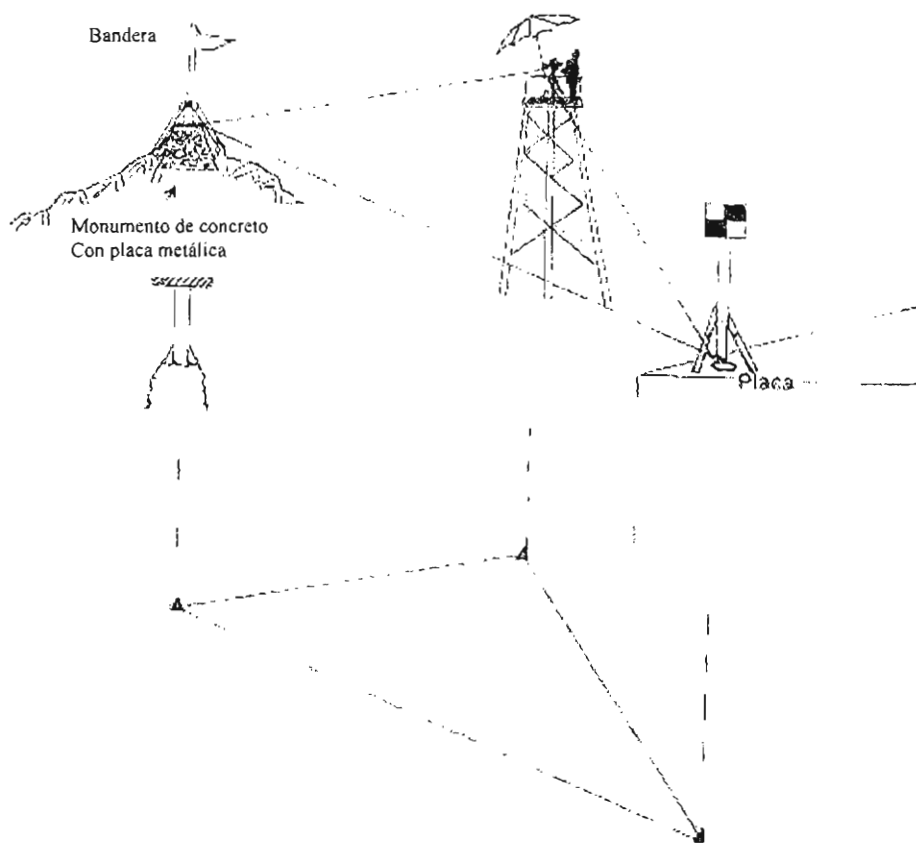
Cuadrilátero con diagonales para la construcción de un puente

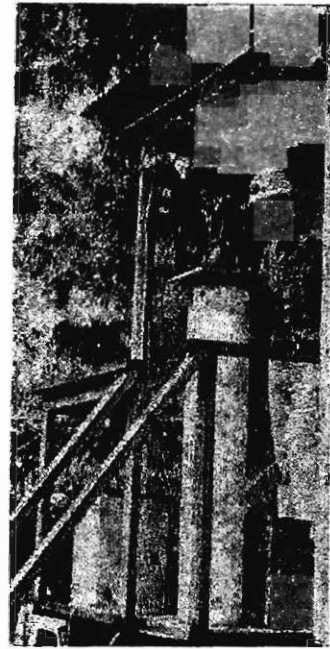
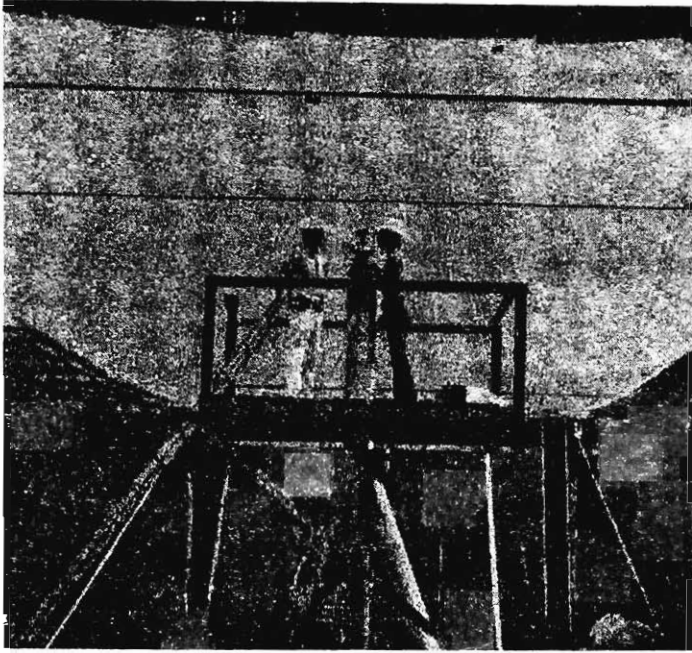


Red de triángulos, cuadrilátero con diagonales y polígono con punto central para la construcción de un túnel

En las triangulaciones geodésicas los lados miden algunas decenas de kilómetros, es necesario recurrir a los procedimientos que esa ciencia señala acudiendo a tratados especializados. En topografía los requerimientos son distintos y los lados de los triángulos miden un promedio de 1500 m, por lo que habrá que considerar los siguientes aspectos:

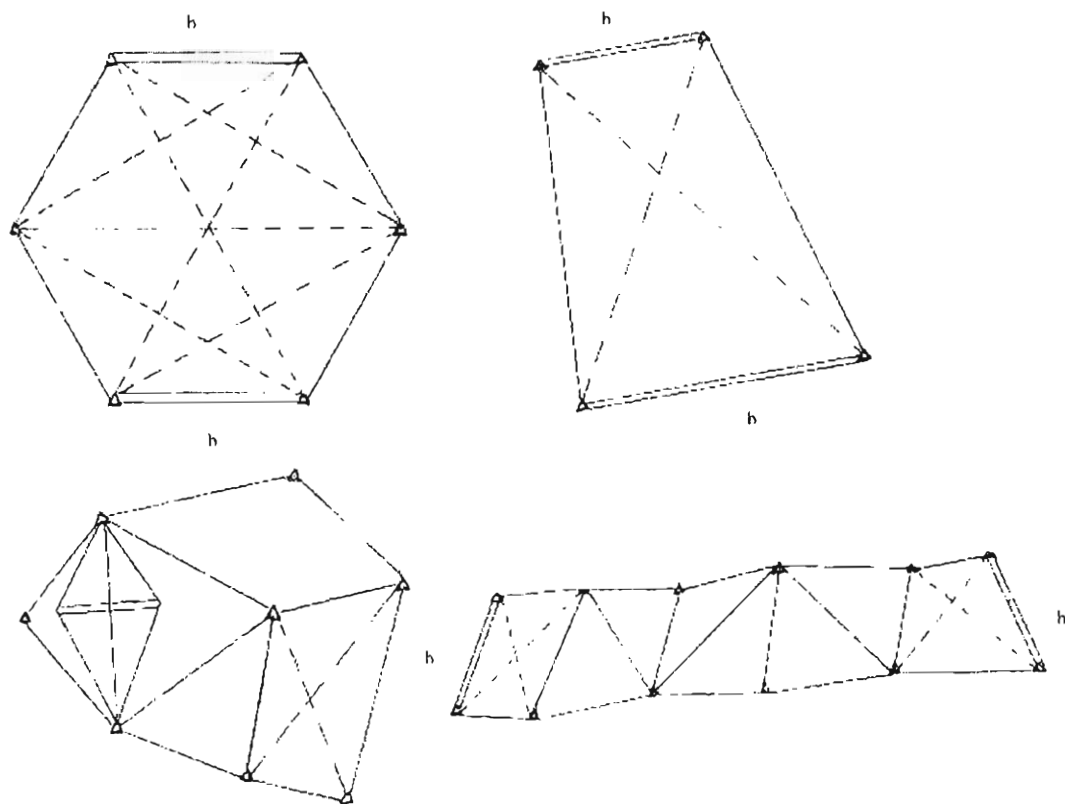
- Selección de vértices y visuales desde puntos elevados, edificios o construcciones estables y construcciones provisionales, hechas especialmente para estos trabajos, etc.
- Realizar el señalamiento mediante objetos o construcciones estables (monumentos con placa, placas ancladas, columnas de concreto con dispositivo para centraje forzado, varillas sepultadas en concreto, etc.).
- Elaborar registros especiales para cada caso y proveerse de elementos auxiliares necesarios (balizas, banderolas, torres, extensiones, tripiés, lámparas, radiotransmisores, etc.).
- Contar con brigadas de campo capacitadas para este tipo de trabajos.
- Tomar en cuenta los efectos de curvatura y refracción.





En dichas triangulaciones topográficas se miden los ángulos de los triángulos y un lado base, para que después por trigonometría se propague esa medida hacia todos los otros lados. Periódicamente se realizan comprobaciones mediante otros lados base, si se trata de una cadena de triángulos o de una red, para ir conociendo los errores y compensándolos; también en el otro extremo deberá existir un lado base que permita hacer comprobaciones.

Una gran ventaja de las triangulaciones es que permiten realizar levantamientos extensos, midiendo sólo ángulos y algunos lados considerados como base, evitando tener que medir todos los triángulos.



Bases medidas para figuras

Cuando se trata de trabajos específicos, como puentes, presas y túneles, llega a recibir el nombre de microtriangulación; no se consideran triángulos esféricos sino planos, cuyos requisitos, aun tratándose de mediciones precisas, no requieren el mismo tratamiento que los triángulos esféricos que estudia la geodesia.

En esas condiciones, mediante la cartografía existente se hace el proyecto de triangulación, tomando en cuenta el relieve y los puntos de apoyo existentes topográficos o, de preferencia, geodésicos.

Los trabajos a realizar en el campo son el anteproyecto, la medida de los ángulos y la orientación magnética y medida de la base.

Los trabajos de gabinete son el cálculo de la longitud y orientación de la base y la propagación hacia los lados de los triángulos, cálculo y compensación de errores angulares y lineales y algunos dibujos.”²

² op. cit.

PROCEDIMIENTO

- El profesor indicará el lugar donde se llevará a cabo la práctica.
- Se deberán establecer cuatro puntos, mismos que servirán como vértices de nuestro polígono.
- Una vez establecidos los puntos, se deberá tomar cualquiera como punto de comienzo y se instalará nuestro aparato conforme al procedimiento de instalación mencionado en prácticas anteriores.
- En cada punto restante se recomienda instalar un trípode con una plomada el cual servirá como indicador .
- Una vez instalado nuestro aparato y referenciados los otros vértices se procederá a realizar las mediciones angulares haciendo el barrido angular directo hacia el vértice con el cual se forme el ángulo, una vez enfocado el siguiente punto, se tomará la lectura indicada en nuestro aparato. Se deberá realizar esta medición las veces que sea necesario con el fin de eliminar errores y obtener un valor promedio que difiera muy poco de las demás observaciones.
- Terminada la medición en el punto escogido se deberá desmontar el equipo, guardarse y trasladarse al siguiente vértice a partir del cual se llevará a cabo la siguiente medición angular.

NOTA: Se deberá tomar un acimut para cualquiera de los lados con la ayuda del declinador magnético.

REPORTE DE CAMPO

Se deberá entregar al final de la práctica al profesor o a su ayudante por brigada.

Deberá contener:

- Nombre de la práctica.
- Lugar y fecha de realización.
- Número de brigada.
- Presentación tabular de los datos.
- Elaboración de un croquis a mano alzada indicando cada uno de los vértices así como su valor angular promedio.
- Distancias observadas del lado base, así como su valor promedio.

REPORTE DE CASA

Deberá realizarse en forma individual.

Deberá contener:

- Nombre de la práctica.
- Lugar y fecha de realización.
- Presentación tabular de los datos obtenidos en campo sin alteraciones.
- Presentación del desarrollo de la compensación angular utilizando los métodos explicados por el profesor en clase. Se deberá entregar en forma tabular y bien descrita cada una de las operaciones.
- El croquis se deberá entregar en hoja tamaño carta de papel albanene, entintado, presentando la orientación, así como los vértices bien definidos y su valor angular compensado adecuadamente.
- Análisis de resultados y conclusiones sobre la práctica.

PRÁCTICA 7 TRILATERACIÓN

OBJETIVOS

- Que el alumno adquiera y ejercite conocimientos fundamentales de la trilateración.
- Aprender a realizar una trilateración en campo.

MATERIAL

- 1 Teodolito de micrómetro óptico
- 1 Distanciómetro
- 3 Prismas (mínimo 2)
- 3 Banderolas o radiotransmisores *

* Deberá traer la brigada.

INTRODUCCIÓN

“Gracias a la existencia de una gama amplia de distanciómetros electrónicos, los trabajos de topografía se han simplificado notablemente y la trilateración ha venido a complementar los trabajos de triangulación y, en algunos casos, a sustituirlos.

La operación consiste en medir las longitudes de los lados para determinar con ellas, por trigonometría, los valores de los ángulos, es decir, la operación contraria a la que se realiza para la triangulación. En ocasiones se hacen ambas cosas si así se requiere, pues esto requiere más trabajo y tiempo tanto en las tareas de campo como las de gabinete, no obstante se logra una mayor precisión.

Como para las triangulaciones y trilateraciones topográficas se presentan lados relativamente cortos y sobre una superficie plana, el alcance de los actuales distanciómetros electrónicos satisface plenamente cualquier requisito de medición.

Las trilateraciones se utilizan con los mismos fines que las triangulaciones y se recomienda cuidar los siguientes aspectos:

- Medir las distancias en forma directa e inversa.
- Las medidas lineales deberán ser corregidas por temperatura y presión.
- También, se reducirán al horizonte y para ello es necesario medir de forma precisa los ángulos verticales tanto en posición directa como inversa, y con relación a esto, medir precisamente la altura de aparato en todos y cada uno de los vértices.

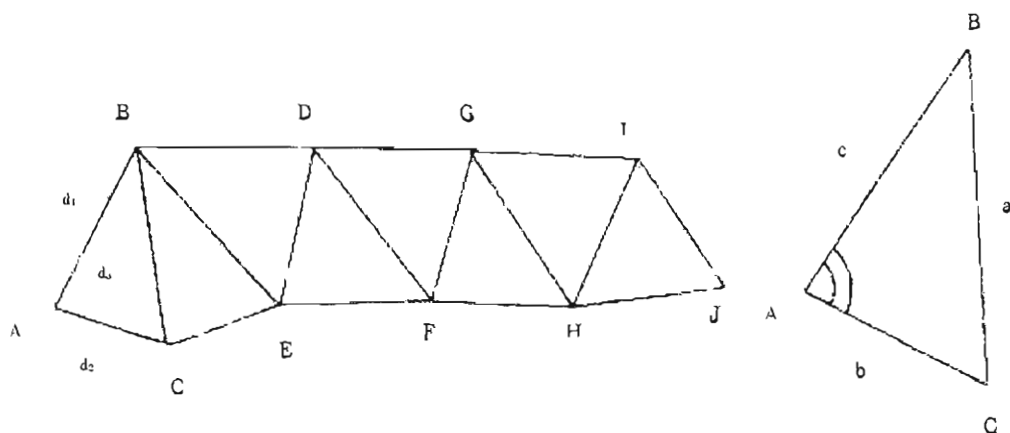
- Orientar magnéticamente uno de los lados, a fin de propagar esta orientación por calcular el resto de los lados, una vez compensada la cadena de triángulos, y comprobar el cálculo mediante otro lado orientado magnéticamente cuando la cadena o red sea muy extensa.

La forma de calcular los ángulos por trigonometría es :

$$\cos A = (b^2 + c^2 - a^2) / 2bc$$

a condición de que:

$$A + B + C = 180^\circ$$



Será necesario compensar las trilateraciones en función de los objetivos y métodos específicos en cada caso particular.

Puede sustituirse el lado base o lados base de las triangulaciones, por cuadriláteros cuyos lados se medirán con toda precisión y se ajustarán rigurosamente, ligando los lados de dicho cuadrilátero a los lados de la cadena de triángulos.

Las longitudes de las cadenas de triángulos y la forma de los mismos pueden ajustarse a las descritas para la triangulación, no obstante, se tiene menos rigor en esto, por las características y ventajas que representa medir las distancias. Será necesario, entonces, sólo ajustarse a las **normas**

de precisión establecidas por los distintos órganos oficiales, tanto nacionales como internacionales.

Con las trilateraciones, las precisiones son relativas al tamaño de los triángulos; no obstante puede considerarse que cubre un rango de precisión que va desde 1:5000, 1:10000 hasta 1:100000 en cierre. Si se combina con la medida de ángulos horizontales los resultados serán variables, pero en general se incrementará la precisión.

El complementar triangulaciones con trilateración es muy ventajoso sobre todo cuando, por la longitud de los lados o por efecto de los fenómenos atmosféricos, hay problemas de visibilidad; también resulta sumamente rápido realizar las mediciones lineales.

Finalmente, tanto en el caso de la triangulación como en la trilateración, puede requerirse el conocimiento de las elevaciones o cotas.”²

PROCEDIMIENTO

- Tomar la lectura de la presión y la temperatura, registrados en el barómetro y termómetro, ubicados en el laboratorio de termofluidos. Es conveniente anotarlos tanto al principio como al final de la práctica y emplear en los cálculos una media aritmética de ellas.
- El profesor de prácticas indicará el lugar donde se llevará a cabo la práctica.
- Se deberá establecer cuatro puntos, mismos que servirán como vértices de nuestro polígono.
- Una vez establecidos los puntos, se deberá tomar cualquiera como punto de comienzo y se instalará nuestro teodolito y distanciómetro conforme al procedimiento de instalación mencionado en practicas anteriores.
- En cada punto restante se deberán colocar algunos elementos de la brigada con un prisma .
- Una vez instalado nuestros aparatos y referenciados los otros vértices se procederá a realizar las mediciones de las distancias, así como la medición del ángulo vertical que servirá para la corrección al horizonte.
Se deberán realizar estas mediciones las veces que sea necesario con el fin de eliminar errores y obtener un valor promedio bastante bueno.
- Terminada la medición en el punto escogido se deberá desmontar el equipo, guardarse y trasladarse al siguiente vértice, a partir del cual se llevará a cabo la siguiente medición hacia los puntos restantes, por lo que las mediciones serán de ida y vuelta para cada uno de los puntos.

NOTA: Se deberá tomar un acimut para cualquiera de los lados.

² op. cit.

REPORTE DE CAMPO

Se deberá entregar al final de la práctica al profesor o a su ayudante por brigada.

Deberá contener:

- Nombre de la práctica.
- Lugar y fecha de realización.
- Número de brigada.
- Presentación tabular de los datos.
- Distancia directa e inversa, así como el promedio de ellas.
- Un ángulo base por repeticiones.
- Elaboración de un croquis a mano alzada indicando cada uno de los vértices, así como la distancia promedio de cada lado.

REPORTE DE CASA

Deberá realizarse en forma individual.

Deberá contener:

- Nombre de la práctica.
- Lugar y fecha de realización.
- Presentación tabular de los datos obtenidos en campo sin alteraciones.
- Presentación del desarrollo para la obtención de los ángulos internos del polígono en base a las distancias ya promediadas obtenidas en la práctica de campo, utilizando los métodos explicados por el profesor en clase. Se deberá entregar en forma tabular y bien descrita cada una de las operaciones.
- El croquis se deberá entregar en hoja tamaño carta de papel albanene, entintado, presentando la orientación, así como los vértices bien definidos y su valor angular compensado adecuadamente y su distancia longitudinal por lado.
- Análisis de resultados y conclusiones sobre la práctica.

PRÁCTICA 8 ORIENTACIÓN ASTRONÓMICA (PRIMERA SESIÓN)

OBJETIVO

- Que el alumno sea capaz de determinar el acimut de una línea utilizando métodos astronómicos (método de dos posiciones del sol).

MATERIAL

- 1 Teodolito de micrómetro óptico
- $\frac{1}{4}$ de cartulina blanca
- 1 cronómetro

INTRODUCCIÓN

Las observaciones astronómicas en topografía consisten en la medición de posiciones de astros sobre la bóveda celeste, como el sol, la luna y otras estrellas; el propósito principal de estas mediciones es determinar la dirección del meridiano verdadero (norte astronómico). Los rumbos y acimut verdaderos pueden calcularse usando este meridiano. Estos rumbos y acimut se necesitan para fijar las direcciones de nuevos linderos de propiedad, de manera que los lotes puedan describirse adecuadamente, para trazar de nuevo viejos linderos cuyas descripciones incluyen rumbos; para especificar direcciones de tangentes en levantamientos de caminos y para muchos otros propósitos. Otras observaciones astronómicas importantes, pero efectuadas con menos frecuencia, sirven para determinar latitudes y longitudes de puntos.

“El procedimiento general de campo, empleados por los topógrafos para definir la dirección del norte verdadero, consta de los siguientes pasos:

- 1) Se centra una estación total, un teodolito o un tránsito, y se nivela en un extremo de la línea cuyo acimut se va a determinar, como el punto A en la figura 8.1.
- 2) Se lee el círculo horizontal y algunas veces el vertical señalando un cuerpo celeste S.
- 3) Se registra el tiempo preciso de la observación.
- 4) Se mide un ángulo horizontal desde el cuerpo celeste hasta un punto en el otro extremo de la línea, como el ángulo 2 asociado a los puntos S y B en la figura 8.1.

El trabajo en la oficina comprende:

- a) Tener la posición precisa del astro en el instante que se visa, con ayuda de efemérides.
- b) Calcular el acimut del astro (ángulo Z en la figura 8.1) con base en datos de la observación y de las efemérides.
- c) Calcular el acimut de la línea aplicando el ángulo horizontal medido al acimut calculado del astro ($\forall = Z + 2$ en la figura 8.1).

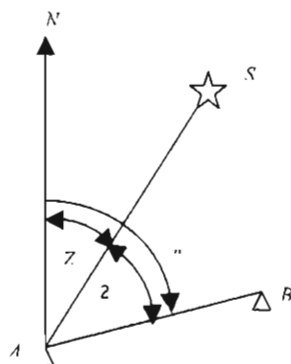


FIG 8 1 Determinación del acimut por observación de un cuerpo

Las precisiones obtenibles para los acimutes astronómicos dependen de algunas variables entre las que se cuentan:

- La precisión del instrumento usado.
- La habilidad y experiencia del observador.
- Las condiciones del tiempo.
- La calidad del reloj o cronómetro usado para medir la hora de la observación.
- El astro visado y su posición durante la observación.
- La exactitud de las efemérides y de otros datos disponibles.”¹

REFRACCIÓN Y PARALAJE

“Como se ilustra en la figura 8.2, la refracción es el incremento angular en la altura aparente (observada) de un cuerpo celeste, debido a la desviación de los rayos de luz que pasan oblicuamente a través de la atmósfera de la Tierra. Varía desde 0° a una altura de 90° , hasta un máximo de aproximadamente 35 mm en el horizonte; para posiciones intermedias, su valor en minutos es aproximadamente igual a la cotangente natural de la altura observada. Su valor preciso depende de la presión atmosférica y de la temperatura, estas variables deben medirse y registrarse cuando se observan ángulos de altura. La refracción hace menos confiables las observaciones de astros cerca del horizonte que las de astros de mayores alturas. Algunas efemérides tienen la corrección por refracción de alturas, temperaturas y presiones.

El paralaje, ilustrado también en la figura 8.2, resulta del hecho que las observaciones se efectúan desde la Tierra y no desde su centro. Esto ocasiona un pequeño decremento angular en la altura verdadera, por lo que la corrección siempre se suma. El paralaje es insignificante cuando se observa una estrella, pero debe considerarse siempre en las observaciones del Sol.”¹

¹ op. cit.

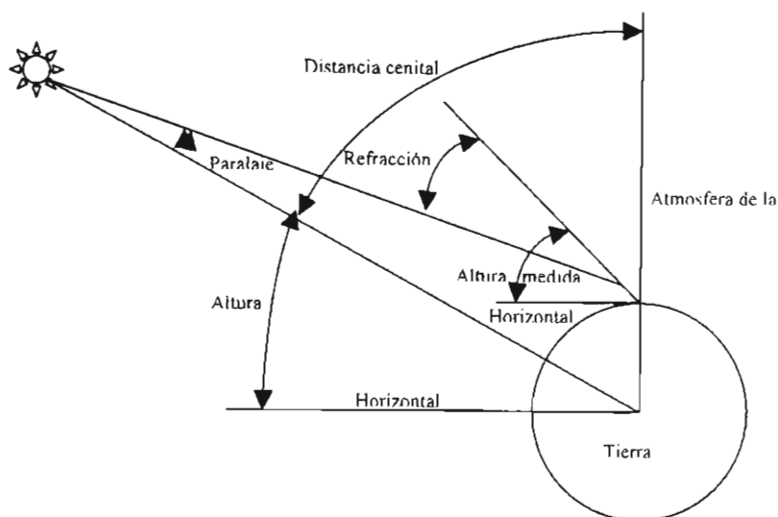


FIG. 8.2 Altura, refracción y paralaje. $\text{Altura verdadera} = \text{altura medida} - \text{refracción} + \text{paralaje}$

PROCEDIMIENTO DE CAMPO PARA EFECTUAR OBSERVACIONES SOLARES

“Las observaciones solares pueden hacerse directamente, colocando un filtro de vidrio oscuro (especial para visar el Sol) sobre el lente del objetivo del anteojo. También puede hacerse indirectamente, enfocando la imagen del sol sobre una cartulina blanca sostenida detrás del objetivo.

Si se usa una cartulina blanca mate, se gira el anteojo en un plano horizontal hasta que la sombra de los soportes verticales y el anteojo son simétricos. Luego se gira el anteojo hacia arriba y hacia abajo hasta que la imagen del sol sea visible y nítida o ajusta la imagen con la perilla de enfoque al infinito. El objetivo también puede ajustarse para lograr una imagen clara de los hilos reticulares en la cartulina.

Los instrumentos de estación total necesitan un filtro en el objetivo para proteger los dispositivos electrónicos de medición de distancias. No debe usarse el procedimiento indirecto de la cartulina con estos instrumentos.

Si no se dispone de un prisma o de otra retícula especial, bisecar un objeto de tal magnitud con movimientos horizontales y verticales presenta algunas dificultades. Un procedimiento es visar los bordes (limbos) del Sol. Si se usa el método de la altura, se pone el disco en tangencia con ambas líneas de la retícula, primero en un cuadrante y luego en el otro diagonalmente opuesto, como se muestra en la figura 8.3.

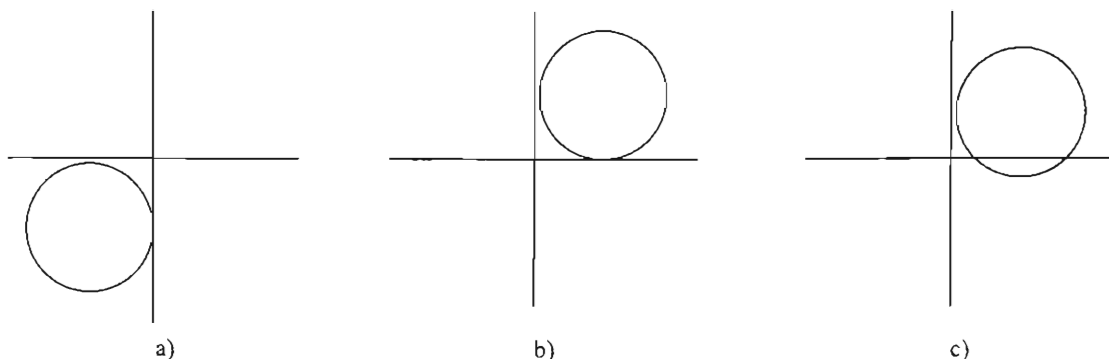


FIG. 8.3 Observación del sol

- En el procedimiento usual de observar el sol, el instrumento se orienta estando el cero o un valor conocido en el círculo horizontal, para visar a lo largo de una línea fija, desde la posición del observador hasta una marca.
- Se gira luego el anteojo (hacia la derecha, preferentemente) hacia el Sol hasta que la sombra se refleje en la cartulina; en ese momento se realiza la tangencia en el cuadrante especificado y se registra el tiempo, ángulo vertical y horizontal de esa posición.
- Se gira el aparato 180° y se voltea el telescopio de manera que quede nuevamente el lente hacia el Sol y en ese momento se registrarán tiempo, ángulo vertical y horizontal en esta posición inversa.

Con este método de observación los errores de ajuste de los soportes verticales y de los hilos reticulares se eliminan promediando un número igual de observaciones con el anteojo en posición normal e invertida. La precisión será mayor de acuerdo al número de observaciones realizadas y de la que se mantenga un cierto intervalo de tiempo similar entre cada una de las mediciones. Se recomienda empezar la práctica lo más temprano posible con el fin de aprovechar la posición solar y así realizar el mayor número de mediciones”¹.

A continuación se presenta un ejemplo de cómo se pueden llevar a cabo las mediciones y cálculos:

¹ op. cit.

DETERMINACIÓN DEL ACIMUT DE UNA LÍNEA POR EL MÉTODO DE DOS POSICIONES DEL SOL

DATOS DE CAMPO (Se anotan sólo 4 series del total realizadas)

SERIE	LECTURA	ANG VERTICAL (° ' '')	ANG HORIZONTAL (° ' '')	TIEMPO (h m s)
1	D	44 49 09	67 17 13	10 13 07
	I	316 40 22	248 59 07	10 17 46
2	D	43 22 28	68 38 29	10 20 04
	I	317 56 43	250 15 00	10 23 54
3	D	41 11 37	70 53 41	10 30 42
	I	319 54 47	252 25 00	10 33 36
4	D	40 10 38	72 02 47	10 35 46
	I	320 42 11	253 16 45	10 37 46

.....

PROMEDIOS DE LAS SERIES CONSIDERADAS PARA EL EJEMPLO

SERIE	ANG VERTICAL (° ' '')	ANG HORIZONTAL (° ' '')	TIEMPO (h m s)
1	44 05 23.5	68 08 10	10 15 26.5
2	42 42 52.5	69 26 44.5	10 21 59
3	40 38 25	71 39 20.5	10 32 09
4	39 44 13.5	72 39 46	10 36 46

.....

COMBINACIONES DE SERIES A CADA 20 MINUTOS

SERIE	ANG VERTICAL (° ' '')	ANG HORIZONTAL (° ' '')	TIEMPO (h m s)
1	44 05 23.5	68 08 10	10 15 26.5
3	40 38 25	71 39 20.5	10 32 09
PROMEDIO	42 21 54.25	69 53 45.25	10 23 47.75
2	42 42 52.5	69 26 44.5	10 21 59
4	39 44 13.5	72 39 46	10 36 46
PROMEDIO	41 13 33	71 03 15.25	10 29 22.5

.....

DESARROLLO DE CÁLCULOS PARA LA COMBINACIÓN DE SERIES

• CORRECCIÓN POR REFRACCIÓN PARA LA SERIE 1

$$R = 60.6'' \tan Z' = 60.6'' \tan 44^\circ 05' 23.5'' = 0^\circ 0' 58.7''$$

$$P = 8.8'' \operatorname{seno} Z' = 8.8'' \operatorname{seno} 44^\circ 05' 23.5'' = 0^\circ 00' 06.12''$$

$$Z_1 = Z_{(\text{observada})} + (R - P)$$

$$Z_1 = 44^\circ 05' 23.5'' + 0^\circ 0' 58.7'' - 0^\circ 00' 06.12''$$

$$Z_1 = 44^\circ 06' 16.08''$$

• CORRECCIÓN POR REFRACCIÓN PARA LA SERIE 3

$$R = 52.01''$$

$$P = 5.73''$$

$$\text{De igual forma que la anterior } Z_2 = Z_{(\text{observada})} + (R - P):$$

$$Z_2 = 40^\circ 38' 25'' + (52.01'' - 5.73'')$$

$$Z_2 = 40^\circ 39' 11.28''$$

$$Z_m = Z_1 + Z_2 / 2 = 42^\circ 22' 43.68''$$

• CÁLCULO DE B

$$\text{ANG HOR 1} - \text{ANG HOR 2} = 68^\circ 08' 10'' - 71^\circ 39' 20.5'' = 211.175'$$

$$B = 211.175'$$

• CÁLCULO DE LA DECLINACIÓN

$$\text{Hora de la observación: } 10 \ 23 \ 47.75$$

$$\text{Hora de paso MG } 90^\circ: \quad -12 \ 10 \ 16$$

$$-1 \ 46 \ 28.25 * 58.81'' = -1' 44.36''$$

$$-4 \ 10 \ 21$$

$$\text{DECLINACIÓN } (\delta) = -4^\circ 12' 5.36''$$

• CÁLCULO DE “M”

$$\tan M = B \operatorname{seno} Z_m / Z_1 - Z_2$$

$$M = 34^\circ 30' 10.8''$$

• CÁLCULO DE LA LATITUD

$$\operatorname{seno} \varphi = \cos Z_m \operatorname{seno} \delta + \operatorname{seno} Z_m \cos \delta \operatorname{seno} m$$

$$\varphi = 19^\circ 03' 57.53''$$

• **CÁLCULO DEL ACIMUT DEL SOL**

$$\cos AC_{SOL} = \text{Seno } \delta - \text{Seno } \varphi \cos Z_m / \cos \varphi \text{ Seno } Z_m$$

$$\cos AC_{SOL} = (\text{Seno } \delta \text{ Seno } Z_m \text{ Cosec } M)(\text{Cot } M \cos Z_m)$$

$$AC_{SOL} = 119^\circ 35' 22.55''$$

• **CÁLCULO DEL ACIMUT DE LA LÍNEA**

$$AC_{LÍNEA} = AC_{SOL} - \text{ángulo horizontal (promedio)}$$

$$AC_{LÍNEA} = 49^\circ 41' 37.3''$$

- Para observaciones que se hagan antes del medio día, se toma el valor que dan las tablas trigonométricas, si el acimut resulta positivo; y el suplemento a 180° si resulta negativo.
- Para observaciones que se ejecuten después del medio día se toma la diferencia con 360° si resulta positivo; y se agrega 180° si resulta negativo.
- Los cálculos anteriores se deberán realizar para cada una de las parejas de series (1-3, 2-4, etc.) y con los resultados encontrar el valor promedio y el error más probable (desviación estándar).

• **TABLA DE RESULTADOS**

SERIES	Z (° ' ")	v (° ' ")	AC SOL (° ' ")	AC LÍNEA (° ' ")
1-3	42 22 43.68	19 03 57.53	119 35 22.55	49 41 37.3
2-4	41 14 20.37	19 02 18.72	120 44 30.58	49 41 15.33
•	•	•	•	•
•	•	•	•	49 40 59.01
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
•	•	•	•	49 41 22.18
•	•	•	•	•
•	•	•	•	49 41 43.27
•	•	•	•	•
•	•	•	•	49 40 58.03
•	•	•	•	49 42 10.01
•	•	•	•	•
•	•	•	•	49 42 5.15
•	•	•	•	•
•	•	•	•	•
17-19	•	•	•	49 42 1.21

- **ACIMUT PROMEDIO DE LA LÍNEA Y SU ERROR MÁS PROBABLE (DESVIACIÓN ESTANDAR)**

$$AC_{LÍNEA} = 49^\circ 41' 30.86'' \pm 0^\circ 00' 28.62''$$

REPORTE DE CAMPO

Deberá ser entregado por equipo al final de la práctica anotando:

- Nombre y método empleado en la práctica.
- Número de brigada.
- Lugar y fecha de la práctica.
- Hora de comienzo de la práctica.
- Hora de terminación de la práctica.

Los datos obtenidos se presentarán en forma tabular conteniendo:

- Número de medición.
- Tipo de medición (directo o inverso).
- Ángulo vertical.
- Ángulo horizontal.
- Hora en que fue tomada la medición.

REPORTE DE CASA (individual)

Deberá ser entregado en forma individual anotando:

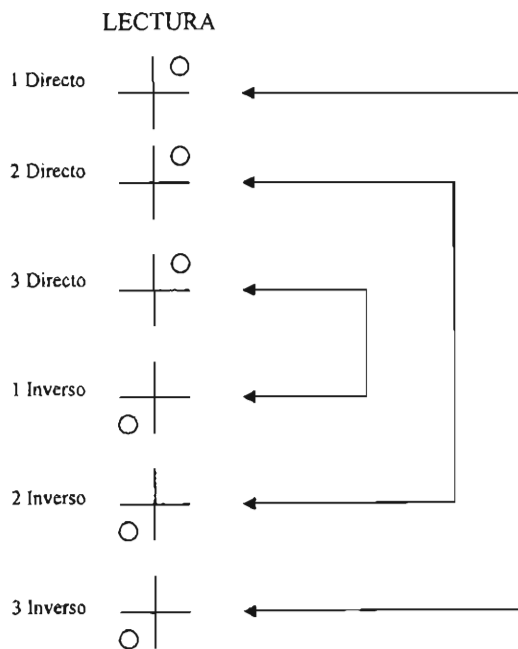
- Nombre de la práctica y método utilizado.
- Nombre y brigada a la que pertenece.
- Lugar y fecha de realización de la práctica.
- Hora de comienzo y terminación de la práctica.
- Datos de campo sin alteraciones.
- Tabla con los promedios de las mediciones directas e inversas.
- Tabla de series a cada 20 minutos.
- Cálculos de corrección por refracción y paralaje de cada una de las series.
- Cálculo de la declinación para cada serie.
- Cálculo del acimut del sol de cada serie.
- Cálculo del acimut de la línea de cada serie.
- Tabla de resultados finales de cada una de las series.
- Acimut promedio de la línea y desviación estándar.

PRÁCTICA 9 ORIENTACIÓN ASTRONÓMICA (SEGUNDA SESIÓN)

DESARROLLO

El procedimiento para la lectura de datos de campo será similar al mencionado en la primera práctica de orientación astronómica con la diferencia de que, en lugar de tomar únicamente una lectura directa y una inversa por serie, se tomarán tres lecturas consecutivas en forma directa y posteriormente se tomarán tres en forma inversa; en la práctica anterior se mencionó cómo llevar a cabo el cambio de cuadrante para la medición.

Una vez realizadas las lecturas, se procederá a formar parejas de la siguiente forma:



- Teniendo los promedios de las mediciones directas e inversas se seleccionarán aquellos datos que no presenten mucha irregularidad entre una y otra medición, basta con que alguna medición tenga irregularidad para eliminar toda la fila.
- Una vez eliminados aquellos datos con irregularidad, se procederá a determinar el promedio por serie de los datos restantes.
- Se determinarán pares de series a cada 20 minutos igual que en la práctica anterior y se procederá a la determinación del acimut de manera similar.

A continuación se presentará un ejemplo de cómo se puede llevar a cabo esta práctica:

ORIENTACIÓN CON SOL

DATOS DE CAMPO

SERIE	LECTURA	ANG VERTICAL (° ' ")	ANG HORIZONTAL (° ' ")	TIEMPO (h m s)
1	D	58 22 48	92 61 06	9 04 55
	D	58 01 32	92 17 05	9 06 29
	D	57 44 37	92 25 46	9 07 43
	I	303 23 06	273 24 04	9 10 22
	I	303 34 34	273 30 06	9 11 11
	I	303 48 13	273 37 26	9 12 13
2	D	56 21 31	93 09 31	9 13 45
	D	56 08 23	93 16 08	9 14 43
	D	55 52 32	93 24 57	9 15 52
	I	305 00 08	274 16 33	9 17 22
	I	305 17 04	274 26 51	9 18 42
	I	305 27 50	274 32 59	9 19 30
3	D	54 40 39	94 05 56	9 21 07
	D	54 27 34	94 13 12	9 22 03
	D	54 14 11	94 21 09	9 23 01
	I	306 33 50	275 11 09	9 24 18
	I	306 49 15	275 20 06	9 25 27
	I	307 05 06	275 29 21	9 26 35
4	D	53 10 12	94 58 00	9 27 43
	D	52 58 49	95 04 38	9 28 33
	D	52 48 31	95 10 53	9 29 18
	I	308 08 05	276 07 31	9 31 09
	I	308 17 01	276 12 51	9 31 49
	I	308 30 31	276 21 40	9 32 48
5	D	51 46 25	95 48 29	9 33 51
	D	51 37 08	95 54 23	9 34 33
	D	51 27 01	96 00 27	9 35 18
	I	309 21 09	276 53 38	9 36 32
	I	309 43 05	277 07 42	9 38 10
	I	309 56 10	277 16 11	9 39 08
6	D	50 18 40	96 44 20	9 40 22
	D	50 06 20	96 51 38	9 41 16
	D	49 56 54	96 58 01	9 41 57
	I	311 00 02	277 58 34	9 43 52
	I	311 13 19	278 06 39	9 44 52
	I	311 25 38	278 16 37	9 45 48
7	D	48 35 08	97 53 12	9 48 03
	D	48 19 39	98 04 25	9 49 13
	D	48 05 32	98 14 28	9 50 16
	I	312 47 16	279 14 15	9 51 55
	I	313 02 38	279 25 13	9 53 02
	I	313 14 30	279 33 39	9 53 56
8	D	46 54 51	99 05 10	9 55 35
	D	46 39 11	99 16 20	9 56 47
	D	46 26 48	99 25 58	9 57 43
	I	314 23 05	280 25 39	9 59 04
	I	314 36 23	280 37 56	10 00 08
	I	314 48 05	280 44 53	10 01 00
9	D	45 16 12	100 20 26	10 03 04
	D	45 04 00	100 29 55	10 04 00
	D	44 50 46	100 39 41	10 04 58
	I	316 06 53	281 48 25	10 07 00
	I	316 24 38	282 03 50	10 08 21
	I	316 39 50	282 16 15	10 09 30

PROMEDIOS PARTE UNO

SERIE	ANG VERTICAL (° ' '')	ANG HORIZONTAL (° ' '')	TIEMPO (h m s)
1	57 17 17.5	92 51 51	9 08 24
	57 13 29	92 53 35.5	9 08 50
	52 10 47	92 54 55	9 09 25
2	55 26 50.5	93 51 15	9 16 37.5
	55 25 39.5	93 51 29.5	9 16 42.5
	55 26 12	93 50 45	9 16 7
3	53 47 46.5	94 47 38.5	9 23 51
	53 49 9.5	94 46 39	9 23 45
	53 50 10.5	94 46 09	9 23 39.5
4	52 19 50.5	95 39 50	9 30 15.5
	52 20 54	95 38 44.5	9 30 11
	52 20 13	95 39 12	9 30 13.5
5	50 55 7.5	96 32 20	9 36 29.5
	50 57 1.5	96 31 25	9 36 21.5
	51 02 56	96 27 12.5	9 35 55
6	49 26 31	97 30 28.5	9 43 05
	49 26 30.5	97 29 8.5	9 44 04
	49 28 26	97 28 17.5	9 42 54.5
7	47 40 19	98 43 25.5	9 50 59.5
	47 38 40.5	98 44 49	9 51 7.5
	47 39 08	98 44 21.5	9 51 5.5
8	46 03 23	99 55 1.5	9 58 17.5
	46 11 24	99 57 08	9 58 27.5
	46 01 51.5	99 55 48.5	9 58 23.5
9	44 18 11	101 18 20.5	10 06 17
	44 19 41	101 16 52.5	10 06 10.5
	44 21 56.5	101 14 03	10 05 59

Las celdas que aparecen sombreadas corresponden a las lecturas eliminadas.

PROMEDIOS PARTE DOS

SERIE	ANG VERTICAL (° ' '')	ANG HORIZONTAL (° ' '')	TIEMPO (h m s)
2	55 26 31.25	93 51 00	9 16 37.25
3	53 49 40	94 46 24	9 23 42.25
4	52 20 1.75	95 39 31	9 30 14.5
6	49 26 30.75	97 29 48.5	9 43 34.5
7	47 39 43.5	98 43 53.5	9 51 2.5
8	46 02 37.25	99 55 25	9 58 20.5
9	44 18 56	101 17 36.5	10 06 13.75

PAR DE SERIES CADA 20 MINUTOS

SERIE	ANG VERTICAL (° ' '')	ANG HORIZONTAL (° ' '')	TIEMPO (h m s)
2	55 26 31.25	93 51 00	9 16 37.25
4	52 20 1.75	95 39 31	9 30 14.5
PROMEDIO	53 53 16.5	94 45 15.5	9 23 25.87
3	53 49 40	94 46 24	9 23 42.25
6	49 26 30.75	97 29 48.5	9 43 34.5
PROMEDIO	51 38 5.37	96 08 6.25	9 33 38.37
4	52 20 1.75	95 39 31	9 30 14.5
7	47 39 43.5	98 43 53.5	9 51 2.5
PROMEDIO	49 59 52.62	97 11 42.25	9 40 38.5

7	47 39 43.5	98 43 53.5	9 51 2.5
9	44 18 56	101 17 36.5	10 06 13.75
PROMEDIO	45 59 19.75	100 00 45	9 58 38.12

TABLA DE RESULTADOS

SERIES	Z (° ' ")	n (° ' ")	AC SOL (° ' ")	AC LÍNEA (° ' ")
2-4	53 54 32.64	19 10 40.33	106 40 25.47	11 55 9.97
3-6	51 39 15.33	19 06 18.03	1047 57 28.37	11 49 22.12
4-7	50 00 58.4	19 09 42.12	109 03 22.92	11 51 40.67
7-9	46 00 16.26	19 13 12.6	111 57 17.55	11 56 32.55

• DETERMINANDO EL AC_{PROMEDIO} Y SU DESVIACIÓN ESTÁNDAR

$$AC_{LÍNEA} = 11^{\circ} 53' 11.33'' \pm 03' 16.06''$$

REPORTE DE CAMPO

Deberá ser entregado por equipo al final de la práctica anotando:

- Nombre y método empleado en la práctica.
- Número de brigada.
- Lugar y fecha de la práctica.
- Hora de comienzo de la práctica.
- Hora de terminación de la práctica.

Los datos obtenidos se presentarán en forma tabular conteniendo:

- Número de medición.
- Tipo de medición (directo o inverso).
- Ángulo vertical.
- Ángulo horizontal.
- Hora en que fue tomada la medición.

REPORTE DE CASA

Deberá ser entregado en forma individual anotando:

- Nombre de la práctica y método utilizado.
- Nombre y brigada a la que pertenece.
- Lugar y fecha de realización de la práctica.
- Hora de comienzo y terminación de la práctica.
- Datos de campo sin alteraciones.
- Tabla con los promedios de las mediciones directas e inversas.
- Tabla de series a cada 20 minutos.
- Cálculos de corrección por refracción y paralaje de cada una de las series.
- Cálculo de la declinación para cada serie.
- Cálculo del acimut del sol de cada serie.
- Cálculo del acimut de la línea de cada serie.

- Tabla de resultados finales de cada una de las series.
- Acimut promedio de la línea y desviación estándar.

PRÁCTICA 10 TOPOGRAFÍA SUBTERRÁNEA

OBJETIVO

- Que el alumno se familiarice con los procedimientos a seguir en un levantamiento subterráneo, conozca y entienda la terminología empleada en este tipo de topografía, así como relacionar lo expuesto en clase con la práctica en campo a través de una visita guiada a una mina o una obra subterránea.

INTRODUCCIÓN

“Esta parte de la topografía se realiza dentro del ámbito de dos actividades de la topografía subterránea que son: la minería y las obras civiles (túneles, lumbreras, plantas hidroeléctricas, etc.). En ambos casos, los procedimientos y métodos utilizados para topografía en superficie son muy semejantes, con la variante de que en topografía subterránea las condiciones son adversas. Las restricciones de precisión regularmente son más altas que algunas de las que se fijan en los trabajos de superficie, y se tienen también peligro e incomodidades: humedad, cambios de presión, poco aire, poco espacio para trabajar, movimiento de maquinaria y personal.

Los trabajos topográficos requeridos tanto por la minería como por las obras civiles son:

- *Apoyo de superficie*
 - a) Configuraciones y planos de detalle.
 - b) Poligonales perimetrales de apoyo, así como poligonales secundarias.
 - c) Triangulaciones y/o trilateraciones.
 - d) Nivelaciones
 - e) Replanteo o trazos.
- *Traslado de coordenadas y direcciones al interior por medio de:*
 - a) Plomeo.
 - b) Cableado.
 - c) Cintas y alambres invar.
 - d) Colimadores verticales de funcionamiento óptico.
 - e) Colimadores verticales a base de rayos infrarrojos o láser.

- *Trabajos en el interior*

- a) Trazo.
- b) Levantamientos.
- c) Nivelaciones.
- d) Orientaciones.
- e) Comprobaciones y conexiones con el exterior.
- f) Cubicaciones.

Algunas diferencias importantes entre los trabajos topográficos superficiales y los del interior son los siguientes:

- Pocas veces los puntos de estación se encuentran en el piso; por lo general están en el techo, en la parte central o bien en alguno de los costados.
- Tanto los puntos observados como la retícula y los círculos horizontal y vertical deben ser iluminados artificialmente.
- Existen aparatos de telescopio excéntrico para resolver problemas específicos en minas.
- Generalmente las distancias horizontales, según el tipo de explotación u obra de que se trate, son medidas o trazadas como distancias inclinadas.
- Con frecuencia los puntos de liga y los bancos de nivel se encuentran en el techo, lo que hace necesario apoyar estadales especiales en sentido contrario al usual en la nivelaciones de superficie.”²

La terminología empleada en la minería es diferente. A continuación se presenta un glosario⁹:

ACARREO: Transporte del mineral y de tepetate.

ACEQUIA: Pequeño canal para el desagüe de los frentes.

ADEME: Obra generalmente de madera que se coloca donde el terreno no es estable.

APUNTALAR: Colocar postes generalmente de madera para sostener el terreno

AFLORAMIENTO: Así se le llama a la parte de una veta que sale a superficie.

ALTO: Es la pared superior o parte superior de una veta.

BAJO: Es la pared inferior o parte inferior de una veta.

BROCAL: Es la parte superior de un tiro o pozo y que está a nivel del terreno.

² op. cit.

⁹ Tesis: “LEVANTAMIENTOS SUBTERRANEOS”, México, 1986.

BOCAMINA: El brocal de un tiro o la boca de un socavón.

CALESA: Elevador de aspecto rústico totalmente metálico, que se usa para el transporte del personal, material y maquinaria a través de un tiro.

CASTILLO: Estructura metálica o de madera que se encuentra en el brocal de un tiro y que tiene en su extremo superior la polea o poleas por donde pasan los cables de acero que sostiene a las calezas, las cuales son accionadas por un malacate.

CIELO: Parte superior de un nivel de una galería de una frente, un túnel o de un rebaje y equivale al techo de las minas.

CUELE: Se llama así al avance que hay en una obra minera como frentes, cruceros, pozos o contrapozos en determinado tiempo.

CLARO: Ensanchamiento de una veta que se prolonga en el sentido vertical.

CONTRA-FRENTE: Excavación sensiblemente horizontal que se practica fuera de la veta o parte mineralizada y en dirección paralela a la misma.

CONTRA-POZO: Excavación que se practica de abajo hacia arriba para comunicar un nivel inferior con un superior.

CRESTÓN: Afloramiento en la superficie de la tierra de una veta o parte mineralizada.

CRUCERO: Excavación sensiblemente horizontal generalmente con dirección normal a la veta que se va a explorar y que también se practica para comunicar o ventilar una frente, con otro o más de un mismo nivel.

CHIFLÓN: Pozo o contra pozo inclinado que comunica entre sí dos obras.

CHIMENEA: Excavación en sentido vertical que se practica con fines de ventilación en el cielo de un rebaje o de una galería que comunica a la superficie.

DESARROLLO: Es todo el trabajo que se hace para la exploración de una mina; con el desarrollo se sigue la continuación de las vetas en los diferentes niveles y se dividen en bloques a las mismas para su posterior exploración. El desarrollo agranda la mina aumentando las reservas de mineral hasta donde sea posible.

ECHADO DE LA VETA: Inclinação de la veta o parte mineralizada con respecto a un plano horizontal, siendo necesario indicar si este echado es hacia el norte, sur, este y oeste.

EXPLOTACIÓN: Acción de minar o tumbar material mineralizado.

EXPLORACIÓN: Es el trabajo que se hace en una mina para descubrir vetas o depósitos de minerales. Es la investigación por medio de barrenos de diamante que se dan con el fin de saber si la continuación de una veta tiene valores susceptibles de explotación.

ENSAYE: Análisis del contenido de minerales de una muestra de yacimiento minero con el fin de determinar su ley.

ESCATILLÓN: Medida constante de separación entre los niveles de una vía, o también otra medida constante de referencia.

FRENTE: Toda obra minera que se da siguiendo una veta. Es una galería casi horizontal y de dimensiones variables, de ella parten los pozos y contrapozos para la división en bloques de la veta para su fácil explotación.

GALERÍA: Excavación sensiblemente horizontal que se practica siguiendo la veta o parte mineralizada a distintas profundidades de la superficie.

HILO: Porción muy delgada de mineral que forma parte de una veta

JALES: Residuo sin valor que se obtiene como resultado del beneficio de los minerales y que se acumula en presas comúnmente conocidas como presas de jales.

LABRADOS: Excavación sobre parte minera que se desarrolla o practica hacia arriba, hacia abajo o hacia los lados de una galería o de un nivel.

LABORES: Obra minera que se desarrolla en el interior de una mina, ya sea de explotación desarrollo.

LEY: Contenido de minerales de un yacimiento.

LOTE MINERO: Es un sólido de profundidad indefinida limitado por planos verticales y cuya cara superior es la superficie del terreno. Los lados contiguos que constituyen el perímetro de su proyección horizontal, formarán ángulo recto y su longitud de cada lado en metros será de 100 o múltiplos de 100, excepto que por colindar con otros lotes mineros no puede cumplirse una o ambas de estas condiciones.

MACHOTE: Tanque o tapón de madera que se coloca en el cielo de las frentes, al ir avanzando los trabajos de desarrollo y que posteriormente se utiliza como un punto fijo de referencia para medir el cuele.

MALACATE: Equipo mecánico mediante el cual se accionan las calezas.

MANTO: Gran depósito de mineral más o menos en forma de capas; son de diferentes tamaños y pueden ser horizontales o tener cualquier inclinación.

MANTEO: Extracción de mineral o del tepetate a través del tiro general de una mina para lo cual se usan las calezas debidamente acondicionadas.

MINA: Lugar subterráneo de donde se extraen los metales y los minerales.

MUESTREO: Obtención de muestras del mineral para su análisis y conocimiento de su correspondiente ley.

NIVEL: Todas las obras que están más o menos a la misma elevación como frentes, cruceros y que se comunican entre sí aunque no es requisito; puede haber dos niveles más o menos a la misma elevación y que las obras de cada uno no tengan comunicación unas con otras, más que su propio conjunto.

PLANILLA: Terreno sensiblemente plano que generalmente se localiza cerca de la boca de un socavón o del brocal de un tiro en el cual se clasifica el mineral extraído de la mina.

PILAR: Bloque de mineral o simplemente de roca dejado en los rebajes y que sirve para sostener las paredes de los mismos, o sea el alto y el bajo.

PISO: La parte inferior de un frente, crucero y rebaje.

POZO: Excavación que se practica hacia abajo para comunicar y ventilar entre sí labores y niveles.

PUENTE DE VÍA: Puntos de nivel que se colocan en las frentes de los niveles para colocar la vía.

TIRO: Pozo que parte de la superficie y que sirve para entrar al interior; los hay de diferentes dimensiones y profundidades. Hay tiros inclinados y tiros verticales que siguen las vetas.

REBAJE: Todo lugar de explotación de una mina de la que se extraen minerales costeados. Ese mismo nombre queda a pesar de haber sido ya explotado.

RELLENO O RETAQUE: Todo material que se utiliza para rellenar el hueco dejado en los rebajes debido a la extracción de mineral. El relleno puede ser de tepetate que provenga de tepetaterías especiales abiertas en la superficie y comunicadas al interior.

REZAGA: Material proveniente de las barrenaciones en los rebajes o frentes; material suelto que se lleva a los molinos para ser beneficiado.

SALÓN O PLAZA: Un rebaje de grandes dimensiones del que se está extrayendo o ya se extrajo mineral.

SOCAVÓN: Toda galería de acceso al interior de una mina. Todos los socavones parten de una superficie y deben de tener una pendiente mínima de 0.50%.

SUB-NIVEL: Es un nivel intermedio entre otros dos y se dan con diferentes fines; pueden servir para ventilación y así facilitar el acarreo de mineral en la explotación de rebajes.

TABLA: Ambos costados de los socavones frentes, cruceros, pozos, contrapozos, rebajes, etc., en general de toda obra minera como tabla del alto, tabla del bajo, tabla izquierda, tabla derecha.

TAJO: Toda explotación que se realiza en la superficie y generalmente es de poca anchura; hay veces que esas explotaciones tiene grandes dimensiones y entonces reciben el nombre de explotaciones a cielo abierto.

TEPETATE: Toda roca sin valor que está a los lados de una veta. Material para retaque que no contiene minerales.

TOPE: El extremo a donde llega o llegó la profundidad de un pozo o tiro; también es la parte superior de un contrapozo o la superficie vertical a donde llega una frente, crucero, etc.

VETA: Toda capa o estructura mineralizada que es objeto de la explotación.

OBRA MUERTA: Todo trabajo que se realiza en tepetate (cruceros). Son trabajos necesarios, aunque costosos, y los materiales que se obtienen hay que despreciarlos por no tener valor.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Como se mencionó en el objetivo, esta práctica consiste en visitar alguna obra subterránea o mina con el fin de complementar lo expuesto en clase; el lugar y fecha serán escogidos por el profesor de prácticas, quien les notificará en el calendario de prácticas.

Con esta práctica se pretende conocer cómo se lleva a cabo un levantamiento subterráneo, la similitud con trabajos en superficie así como las ventajas y desventajas de llevar a cabo este tipo de levantamientos.

Se recomienda al alumno se identifique bien con la terminología utilizada en este tipo de trabajos, con el fin de aprovechar al máximo lo expuesto por los guías del lugar, leer algo más sobre el tema en la bibliografía indicada al final de este guión para con ello complementar sus conocimientos sobre el tema.

REPORTE DE CASA (INDIVIDUAL)

El alumno deberá entregar en la fecha indicada por el profesor un escrito en el cual comente sobre las experiencias aprendidas en la práctica, describa la relación y semejanza con los trabajos topográficos que normalmente se llevan a cabo y una conclusión personal sobre el tema de

topografía subterránea y la poca o mucha relación que tiene con su carrera; todo ello deberá ser entregado de manera ordenada y con buena presentación.

PRÁCTICA 11

TRAZO DE CURVAS: COMPUESTA Y ESPIRAL

OBJETIVO

- Que el alumno aprenda a identificar y trazar este tipo de curvas en el proyecto de un camino.

EQUIPO

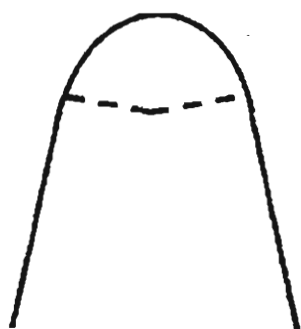
- 1 Teodolito
- 20 Fichas
- 2 Plomadas
- 1 Longímetro *
- 4 Estacas *

* Deberá traer la brigada.

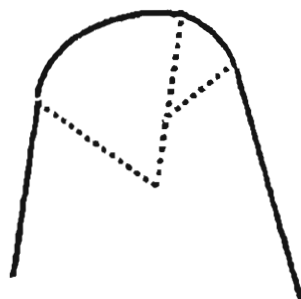
INTRODUCCIÓN

“Los tramos rectos (llamados tangentes) de la mayor parte de la vías terrestres de transporte (como carreteras, vías férreas, etc.) y de conducción (como acueductos, oleoductos, etc.) están conectados por curvas en los planos tanto horizontal como vertical.

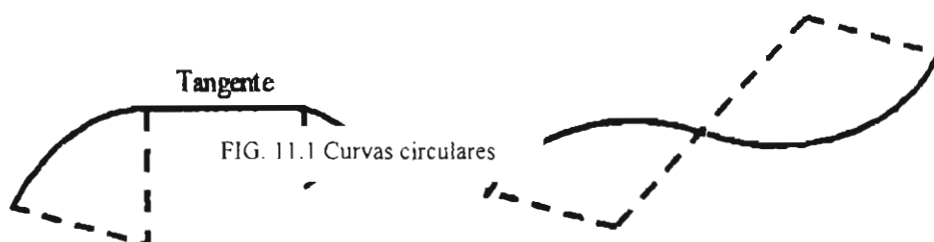
Las curvas usadas en planos horizontales para conectar dos secciones tangentes rectas se llaman *curvas horizontales*. Se usan dos tipos: arcos circulares y espirales. Ambas se trazan fácilmente en el campo con equipo topográfico estándar. Una *curva simple* es un arco circular que conecta dos tangentes (fig. 11-a). Es el tipo usado con más frecuencia. Una *curva compuesta* se compone de dos o más arcos circulares de radios diferentes, tangentes entre sí y con sus centros en el mismo lado del alineamiento (fig. 11-b). La combinación de una tangente de corta longitud con dos arcos circulares con centros en el mismo lado, se llama *curva mixta* (fig. 11-c). Una *curva inversa* consta de dos arcos circulares tangentes entre sí, con sus centros en el lado opuesto del alineamiento (fig. 11-d). Las curvas compuestas, mixta e inversa no son apropiadas para las carreteras modernas de alta velocidad, de tránsito rápido o de tránsito ferroviario y deben evitarse siempre que sea posible. Sin embargo, en ocasiones son necesarias en terreno montañoso para evitar pendientes excesivas o cortes y rellenos muy grandes. Las curvas compuestas a veces se usan en las rampas de entrada y salida de baja velocidad de las autopistas federales.



a) Curva simple



b) Curva compuesta



c) Curva mixta



d) Curva inversa

Las curvas de alivio son convenientes, especialmente en los sistemas de vías férreas y de tránsito lento para aminorar el cambio repentino de curvatura entre una tangente y una circular. Una curva espiral constituye una excelente curva de alivio, porque su radio disminuye uniformemente desde infinito en la tangente, hasta el valor de la curva que conecta. Las espirales se utilizan para unir una tangente con una curva circular (fig. 11.2-a), una tangente con otro tangente (espiral doble) (fig. 11.2-b) y una curva circular con otra curva circular (fig. 11.2-c).

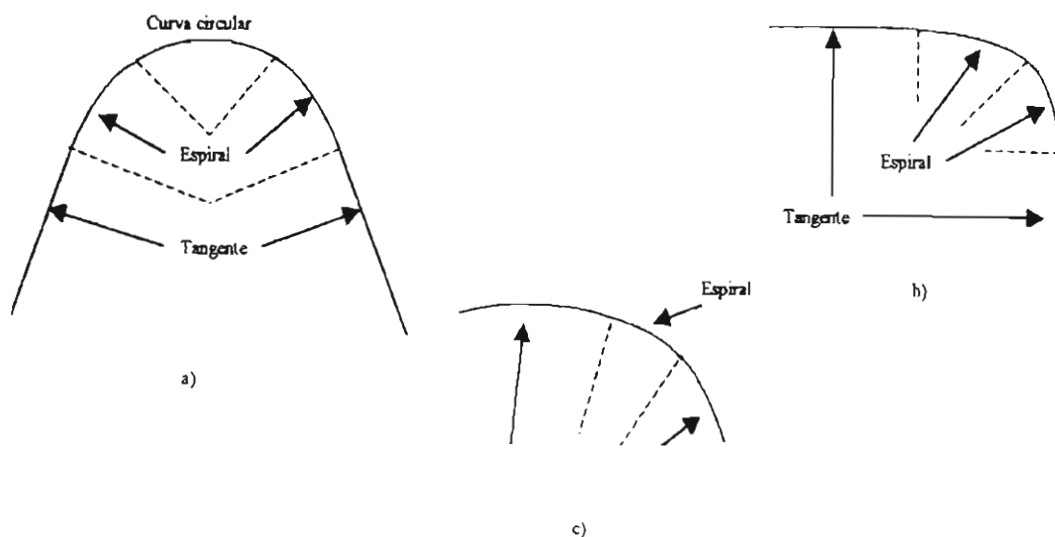
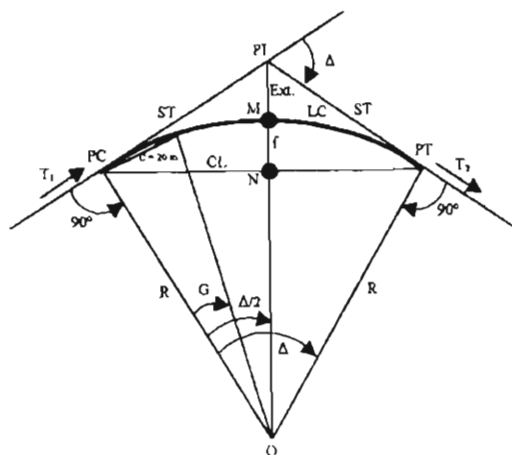


FIG. 11.2 Uso de curvas espirales de transición

El efecto de la fuerza centrífuga sobre un vehículo moviéndose sobre una curva, puede contrarrestarse por la sobreelevación o peralte del borde exterior de la vía de transporte (carretera o vía férrea). El peralte correcto para una curva espiral aumenta uniformemente con la distancia desde el comienzo de la curva, y está en proporción inversa al radio de la misma en cualquier punto. Espirales, con su peralte apropiado, permiten tener un tránsito de vehículos continuo, seguro y con menos desgaste del equipo. Como se indicó antes, las espirales se usan en sistemas de vías férreas y de tránsito rápido. Esto se debe a que los trenes están obligados a seguir los rieles y que un viaje confortable y seguro sólo puede garantizarse con curvas adecuadamente construidas entre las que se cuentan las curvas de alivio. En las carreteras, rara vez se usan las espirales porque los conductores pueden dominar los cambios direccionales bruscos en las curvas circulares, guiando a lo largo de trayectorias en espiral al entrar y salir de las curvas.”¹

¹ Op. cit

CURVA SIMPLE



- T_1 = Tangente de entrada
- T_2 = Tangente de salida
- PI = Punto de inflexión
- Δ = Deflexión
- PC = Principio de la curva
- PT = Principio de la tangente
- LC = Longitud de la curva
- CL = Cuerda larga
- ST = Subtangente
- O = Centro de la curva
- R = Radio de la curva
- M = Punto medio de la curva
- N = Punto medio de la cuerda larga
- Ext. = Externa
- F = Flecha u ordenada media
- G = Grado de la curva
- PI = Punto de intersección

FIG. 11.3 Elementos de una curva circular simple

Ecuaciones para determinar las componentes de una curva circular simple

Grado de la curva (G)

$$G = 2 \sin^{-1} \left(\frac{10}{R} \right)$$

Radio de la curva (R)

$$R = \frac{10}{\sin \left(\frac{G}{2} \right)}$$

Subtangente (ST)

$$ST = R \tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

Longitud de la curva (LC)

$$LC = 20 \left(\frac{\Delta}{G} \right)$$

Kilometraje del PC (Km PC)

$$Km \text{ PC} = Km \text{ PI} - ST$$

Cuerda larga (CL)

$$CL = 2R \operatorname{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

Flecha (f)

$$f = ST \operatorname{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right) - E$$

Externa (Ext.)

$$Ext. = -\frac{ST}{\operatorname{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)} - R$$

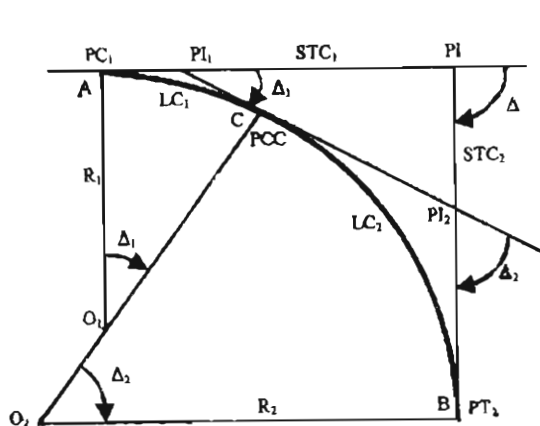
Kilometraje del PT (Km PT)

$$Km \text{ PT} = Km \text{ PC} + LC$$

Ángulo de deflexión (Δ)

$$\Delta = 2 \tan^{-1} \left(\frac{ST}{R} \right)$$

CURVA COMPUESTA



PC_1 = Principio de curva compuesta
 PI_1 = Punto de intersección de las dos tangentes
 STC_1 = Subtangente de la curva circular compuesta
 LC_1 = Longitud de la curva AC
 R_1 = Radio de la curva AC
 O_1 = Origen de la curva AC
 Δ_1 = Ángulo de la curva AC
 PCC = Punto de la curva compuesta. Fin de la curva AC y principio de la curva CB
 PI = Punto de intersección de las dos tangentes
 Δ = Deflexión entre las tangentes
 STC_2 = Subtangente de la curva circular compuesta
 PI_2 = Punto de intersección de las dos tangentes
 R_2 = Radio de la curva CB
 O_2 = Origen de la curva CB
 Δ_2 = Ángulo de la curva CB
 LC_2 = Longitud de la curva CB
 PT_2 = Punto de terminación de la curva compuesta

FIG. 11.4 Elementos de una curva circular compuesta

Deflexión (Δ)

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

Tangente 1 (T_1)

$$T_1 = \frac{R_1 \tan\left(\frac{\Delta_1}{2}\right) \left(\sin \Delta + \sin\left(\frac{\Delta_2}{2}\right) \right) + R_2 \cos \Delta_2}{\sin \Delta}$$

Subtangentes 1 y 2 (ST₁ y ST₂)

$$ST_1 = R_1 \tan \left(\frac{\Delta_1}{2} \right)$$

$$ST_2 = R_2 \tan \left(\frac{\Delta_2}{2} \right)$$

Principio de las curvas (PC₁ y PC₂)

$$PC_1 = PI - T_1$$

$$PC_2 = PT_1$$

Puntos de intersección 1 y 2 (PI₁ y PI₂)

$$PI_1 = PC_1 + ST_1$$

$$PI_2 = PC_2 + ST_2$$

Grados de curvatura 1 y 2 (G₁ y G₂)

$$G_1 = 2 \sin^{-1} \left(\frac{m}{2R_1} \right)$$

$$G_2 = 2 \sin^{-1} \left(\frac{m}{2R_2} \right)$$

donde m es la longitud de la cuerda

Longitud de las curvas (LC₁ y LC₂)

$$LC_1 = \left(\frac{\Delta_1}{G_1} \right) m$$

$$LC_2 = \left(\frac{\Delta_2}{G_2} \right) m$$

Puntos de terminación 1 y 2 (PT₁ y PT₂)

$$PT_1 = PC_1 + LC_1$$

$$PT_2 = PC_2 + LC_2$$

EJEMPLO DEL TRAZO DE UNA CURVA COMPUESTA

Datos:

$$PI = \text{km } 7 + 480.246$$

$$\Delta = 83^\circ 56'$$

$$D_1 = 36^\circ 20'$$

$$R_1 = 229.18 \text{ m}$$

$$R_2 = 134.81 \text{ m}$$

$$m = @ 20 \text{ m}$$

Para determinar Δ_2 , tenemos que:

$$\Delta_2 = \Delta - D_1$$

$$\Delta_2 = 83^\circ 56' - 36^\circ 20'$$

$$\Delta_2 = 47^\circ 36'$$

Para determinar T_1 , tenemos que:

$$T_1 = \frac{R_1 \tan\left(\frac{\Delta_1}{2}\right) \left(\sin \Delta + \sin\left(\frac{\Delta_2}{2}\right) \right) + R_2 \cos \Delta_2}{\sin \Delta}$$

$$T_1 = 197.136 \text{ m}$$

Para ST_1 y ST_2 . Tenemos que:

$$ST_1 = R_1 \tan\left(\frac{\Delta_1}{2}\right)$$

$$ST_1 = 75.20 \text{ m}$$

$$ST_2 = R_2 \tan\left(\frac{\Delta_2}{2}\right)$$

$$ST_2 = 59.46 \text{ m}$$

Para PC_1 , tenemos que:

$$PC_1 = PI - T_1$$

$$PC_1 = \text{km } 7 + 283.110 \text{ m}$$

Para determinar PI_1 , tenemos que:

$$PI_1 = PC_1 + ST_1$$

$$PI_1 = \text{km } 7 + 358.32 \text{ m}$$

Para calcular G_1 y G_2 , tenemos que:

$$G_1 = 2 \sin^{-1}\left(\frac{m}{2R_1}\right)$$

$$G_1 = 5^\circ 00'$$

$$G_1/2 = 2^\circ 30'$$

$$G_2 = 2 \sin^{-1}\left(\frac{m}{2R_2}\right)$$

$$G_2 = 8^\circ 30'$$

$$G_2/2 = 4^\circ 15'$$

Para calcular LC_1 y LC_2 , tenemos que:

$$LC_1 = \frac{\Delta_1}{G_1} m$$

$$LC_2 = \frac{\Delta_2}{G_2} m$$

$$LC_1 = 145.33 \text{ m}$$

$$LC_2 = 112 \text{ m}$$

Para calcular PT_1 :

$$PT_1 = PC_1 + LC_1$$

$$PT_1 = \text{Km } 7 + 428.44 \text{ m}$$

Ahora:

$$PC_2 = \text{Km } 7 + 428.44 \text{ m}$$

$$PI_2 = PC_2 + ST_2$$

Para la primera fracción de cadena de PC_1 , tenemos:

$$m_1' = \text{Km } 7 - PC_1$$

$$m_1' = \text{Km } 7 + 16.89 \text{ m}$$

$$m/G_1 = m_1'/G_1'$$

$$G_1' = 4^\circ 13'' 21'$$

$$G_1'/2 = 2^\circ 06'' 40.5'$$

Para la última fracción de cadena de PT_1 , tenemos:

$$m_1'' = PT_1 - \text{Km } 7 + 420 \text{ m}$$

$$m_1'' = \text{Km } 7 + 8.44 \text{ m}$$

$$m/G_1 = m_1''/G_1''$$

$$G_1'' = 2^\circ 06'' 36'$$

$$G_1''/2 = 1^\circ 03'' 18'$$

$$PI_2 = \text{Km } 7 + 487.90 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$PT_2 = PC_2 + LC_2$$

$$PT_2 = \text{Km } 7 + 540.44 \text{ m}$$

Para la primera fracción de cadena de PC_2 , tenemos:

$$m_2' = 440 - PC_2$$

$$m_2' = 11.56 \text{ m}$$

$$m/G_2 = m_2'/G_2'$$

$$G_2' = 4^\circ 54'' 46.8'$$

$$G_2'/2 = 2^\circ 27'' 23.4'$$

Para la última fracción de cadena de PT_2 , tenemos:

$$m_2'' = PT_2 - \text{Km } 7 + 540 \text{ m}$$

$$m_2'' = 0.44 \text{ m}$$

$$m/G_2 = m_2''/G_2''$$

$$G_2'' = 0^\circ 11'' 13.2'$$

$$G_2''/2 = 0^\circ 05'' 36.6'$$

Finalmente:

PUNTO	CADENAMIENTO	DEFLEXIÓN	CUERDA UNITARIA
PC ₁	Km 7 + 283.110 m	00° 00' 00"	
1	Km 7 + 300 m	02° 06' 40.5"	16.89 m
2	Km 7 + 320 m	04° 36' 40.5"	20 m
3	Km 7 + 340 m	07° 06' 40.5"	20 m
4	Km 7 + 360 m	09° 36' 40.5"	20 m
5	Km 7 + 380 m	12° 06' 40.5"	20 m
6	Km 7 + 400 m	14° 36' 40.5"	20 m
7	Km 7 + 420 m	17° 06' 40.5"	20 m
PT ₁	Km 7 + 428.44 m	18° 09' 58.5"	8.44 m
PC ₂	Km 7 + 428.44 m	00° 00' 00"	
1	Km 7 + 440 m	02° 27' 23.4"	11.56 m
2	Km 7 + 460 m	06° 42' 23.4"	20 m
3	Km 7 + 480 m	10° 57' 23.4"	20 m
4	Km 7 + 500 m	15° 12' 23.4"	20 m
5	Km 7 + 520 m	19° 27' 23.4"	20 m
6	Km 7 + 540 m	23° 42' 23.4"	20 m
PT ₂	Km 7 + 540.44 m	23° 48' 00"	0.44 m

CURVAS DE TRANSICIÓN

“Este tipo de curvas se utilizan más frecuentemente en el proyecto de ferrocarriles, pues combinan en forma muy favorable los cambios de dirección con las pendientes tan suaves que son requeridas en este tipo de vías de comunicación. Por otra parte, la longitud de los convoyes requiere una cura de este tipo, en la que el radio va cambiando de manera constante, al variar los cambios de curvatura (también de manera constante) hasta alcanzar una curva central de ángulo G , que no sea menor que 6° (en el caso de los ferrocarriles).”²

CURVA ESPIRAL

“Este tipo de curvas de transición se usa frecuentemente en ferrocarriles, pero son especialmente útiles en los sistemas de transporte colectivo metropolitano más conocido como metro. En ello resulta una mejor adaptación de alcance, a dos tangentes que se cruzan con n curva circular simple, pues este tipo de curvas combina una curva circular siempre con dos espirales: una al inicio y otra al final.

En los caminos también se utiliza, quizá no en gran número por el incremento que representa en los costos de construcción. Su empleo es más adecuado en vías de alta velocidad, ya que al pasar de un tramo recto a una curva circular simple se presenta bruscamente la tendencia a salir de la curva debido a la fuerza centrífuga. Este hecho representa, además de una incomodidad, un serio peligro que no se evita del todo con la sobreelevación, y el conductor se ve obligado a frenar y describir un arco mayor del de la curva circular. Este problema produce un efecto psicológico desfavorable, pues la visibilidad se pierde súbitamente. Ello puede eliminarse o disminuirse en forma gradual mediante clotoides.

Incluso en tramos rectos muy largos, donde se ve alterada la perspectiva, se resta atención al conductor, pues resulta monótono manejar así. De ahí que no sólo sea conveniente, sino aconsejable, introducir clotoides haciendo variar los radios de manera conveniente.

Con las clotoides, los problemas de colisión prácticamente desaparecen, ya que se pasa de la parte recta de la tangente de entrada a la curva circular mediante una espiral de transición con un radio de curvatura infinito, en el punto de tangencia con la recta que va disminuyendo hasta llegar al radio finito de la curva circular simple.”²

² Op. cit.

² Op Cit.

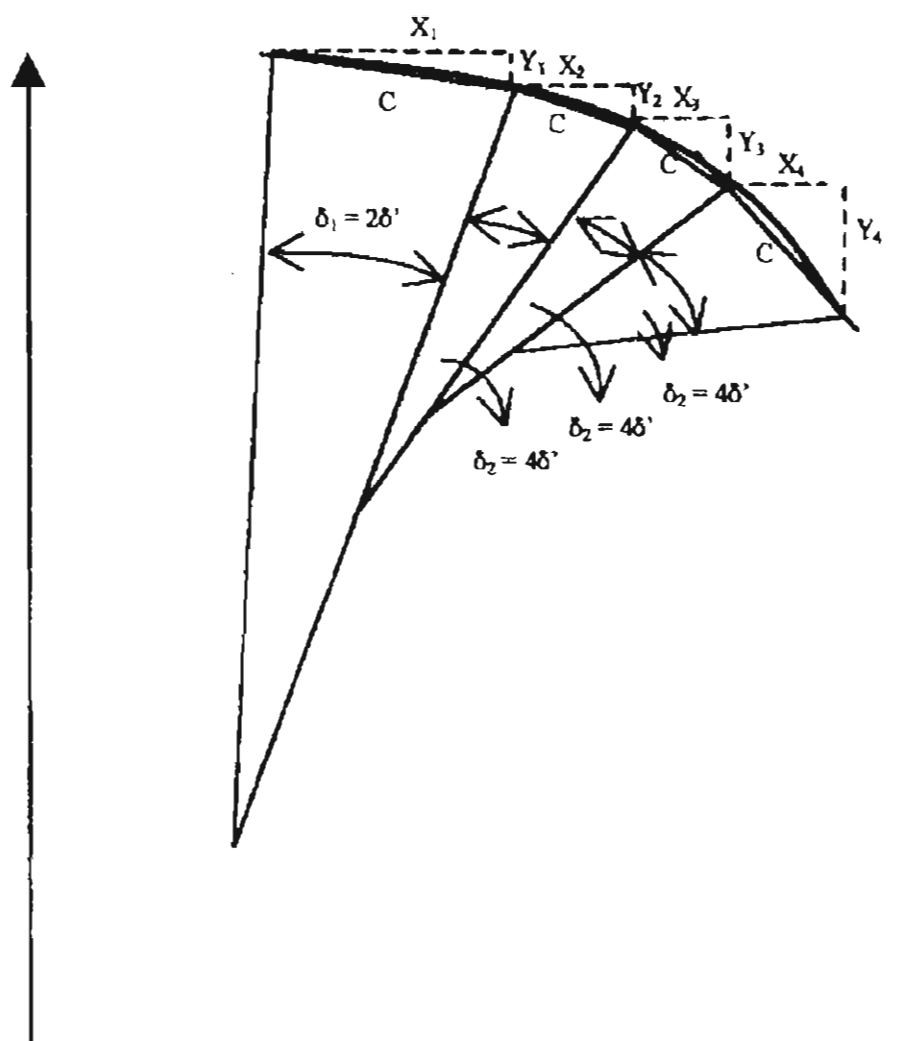


FIG. 11.5 Elementos de una curva espiral y deducción de sus coordenadas cartesianas

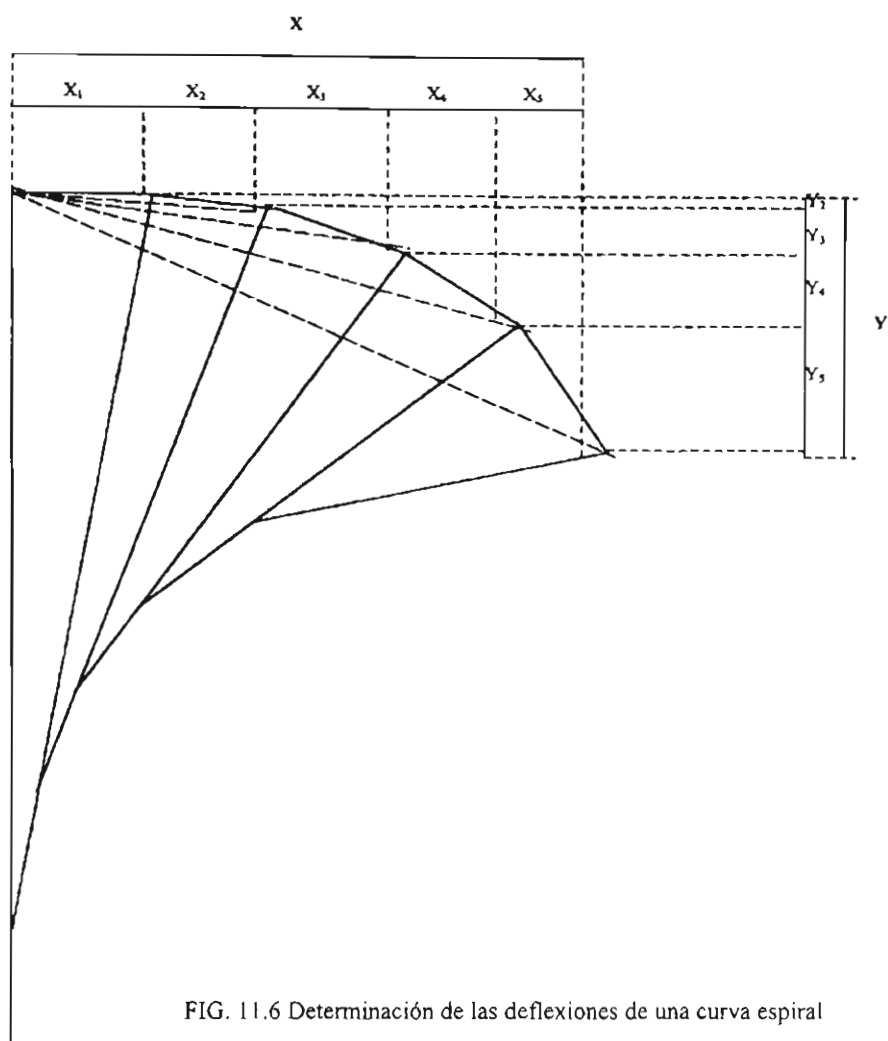


FIG. 11.6 Determinación de las deflexiones de una curva espiral

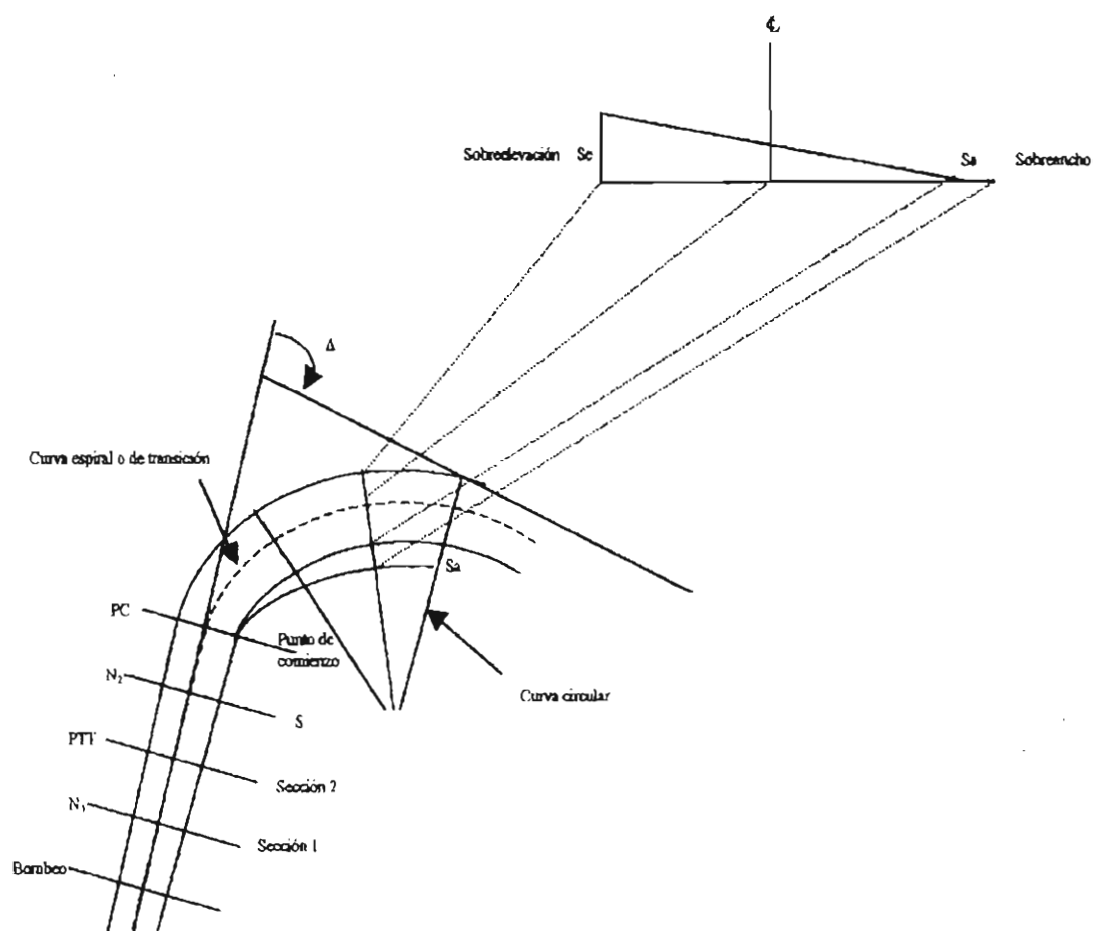


FIG 11.7 Identificación de la sobreelevación y sobreancho de una carretera.

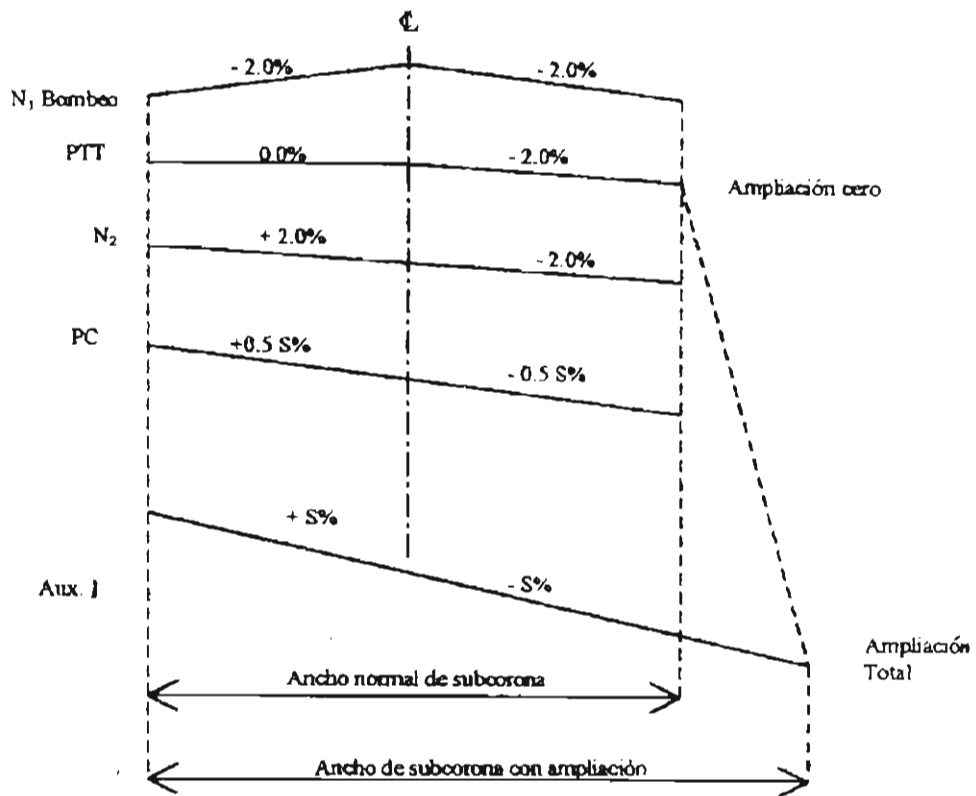


FIG. 11.8 Variación de sobreelavación y ampliación en una curva circular

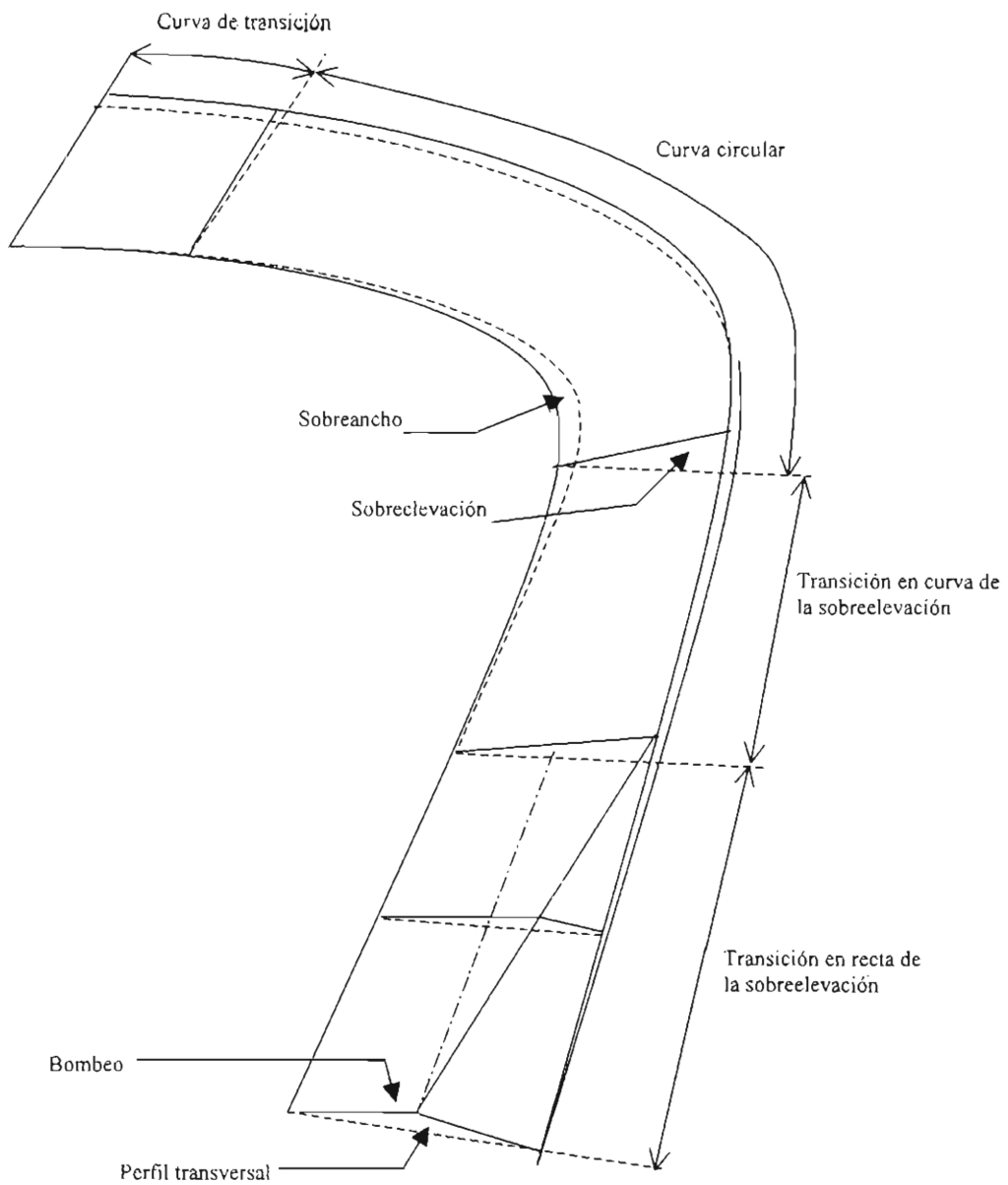


FIG. 11.9 Esquema de la variación de sobreelavación y ampliación en una curva circular

En la misma forma sería la variación al final de la curva, sólo que en sentido inverso.

VELOCIDAD		50			60			70			80			90			100			110		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0° 15'	4583.68	0	2.0	28	0	2.0	34	0	2.0	39	0	2.0	45	0	2.0	50	0	2.0	56	0	2.0	62
0° 30'	2291.84	0	2.0	28	0	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	20	2.3	56	20	2.7	62
0° 45'	1527.89	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.3	45	30	2.8	50	30	3.4	56	30	4.0	62
1° 00'	1145.92	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.5	39	30	3.0	45	30	3.6	50	30	4.5	56	30	5.2	62
1° 15'	916.74	20	2.0	28	20	2.3	34	30	3.0	39	30	3.7	45	40	4.5	50	40	5.5	56	40	6.3	62
1° 30'	763.94	20	2.0	28	30	2.8	34	30	3.5	39	30	4.4	45	40	5.3	50	40	6.4	56	40	7.3	64
1° 45'	654.81	30	2.2	28	30	3.2	34	30	4.1	39	40	5.0	45	40	6.1	50	40	7.3	58	50	8.1	71
2° 00'	572.96	30	2.5	28	30	3.6	34	30	4.6	39	40	5.7	45	40	6.7	50	50	8.1	65	50	8.9	78
2° 15'	509.30	30	2.8	28	40	4.0	34	40	5.1	39	40	6.2	45	50	7.3	53	50	8.7	70	60	9.4	83
2° 30'	458.37	30	3.1	28	40	4.4	34	40	5.5	39	50	6.8	45	50	7.9	57	60	9.2	74	60	9.8	86
2° 45'	416.70	30	3.4	28	40	4.7	34	40	6.0	39	50	7.3	47	50	8.4	60	60	9.6	77	60	10.0	88
3° 00'	381.97	40	3.7	28	40	5.1	34	50	6.4	39	50	7.7	49	60	8.8	63	60	9.9	79			
3° 15'	352.59	40	3.9	28	40	5.4	34	50	6.7	39	50	8.1	52	60	9.2	66	60	10.0	80			
3° 30'	327.40	40	4.2	28	50	5.7	34	50	7.1	40	60	8.5	54	60	9.6	69						
3° 45'	305.58	40	4.4	28	50	6.0	34	50	7.5	42	60	8.8	56	60	9.8	71						
4° 00'	286.48	40	4.7	28	50	6.3	34	50	7.8	44	60	9.1	58	70	9.9	71						
4° 15'	269.63	50	4.9	28	50	6.6	34	50	8.1	45	60	9.4	60	70	10.0	72						
4° 30'	254.65	50	5.1	28	50	6.9	34	60	8.4	47	70	9.6	61									
4° 45'	241.25	50	5.4	28	60	7.1	34	60	8.7	49	70	9.7	62									
5° 00'	229.18	50	5.6	28	60	7.4	36	60	8.9	50	70	9.9	63									
5° 15'	208.35	60	6.0	28	60	7.8	37	60	9.3	52	80	10.0	64									
6° 00'	190.99	60	6.3	28	70	8.2	39	70	9.6	54												
6° 30'	176.29	60	6.7	28	70	8.6	41	70	9.8	55												
7° 00'	163.70	60	7.0	28	70	8.9	43	80	9.9	55												
7° 30'	152.79	70	7.3	29	80	9.1	44	80	10.0	56												
8° 00'	143.24	70	7.6	30	80	9.4	45															
8° 30'	134.81	70	7.9	32	80	9.6	46															
9° 00'	127.32	80	8.2	33	90	9.7	47															
9° 30'	120.62	80	8.4	34	90	9.8	47															
10° 00'	114.59	80	8.6	34	90	9.9	48															
10° 30'	109.13	90	8.8	35	100	10.0	48															
11° 00'	104.17	90	9.0	36	100	10.0	48															
11° 30'	99.64	90	9.2	37																		
12° 00'	95.49	100	9.3	37																		
12° 30'	91.67	100	9.5	38																		
13° 00'	88.15	100	9.6	38																		
13° 30'	84.88	110	9.7	39																		
14° 00'	81.85	110	9.8	39																		
14° 30'	79.03	110	9.8	39																		
15° 00'	76.39	110	9.9	40																		
15° 30'	73.93	120	9.9	40																		
16° 00'	71.62	120	10.0	40																		
16° 30'	69.45	120	10.0	40																		
17° 00'	67.41	130	10.0	40																		

Ac = Ampliación de la calzada y la corona (cm)

Sc = Sobreelevación (%)

Lc = Longitud de la transición (m)

Debajo de la línea gruesa se emplearán espirales de transición y arriba se usarán transiciones mixtas.

NOTA: Para grados de curvatura no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le, se obtienen por interpolación lineal.

Ilustraremos lo anterior con un ejemplo numérico:

Carretera tipo B

$G = 8^{\circ} 00'$

$R = 143.24 \text{ m}$

$ST = 76.89 \text{ m}$

$LC = 141.13 \text{ m}$

$V_p = 60 \text{ Km/h}$

$PC = \text{Km } 35 + 346.10 \text{ m}$

Con todos los datos del tipo de carretera, la velocidad de proyecto y el grado de curvatura, vamos a la tabla anterior de la DGST y encontramos que para esos datos:

$SE_m = 9.4\%$

$Amp. = 0.80 \text{ m}$

$TT = 45 \text{ m}$

El valor de N lo encontramos con esa información, puesto que es la longitud necesaria para una variación de 2% en sobreelevación por lo que:

$$\frac{N}{2\%} = \frac{TT}{SE_m} \Rightarrow N = 9.57 \text{ m}$$

Con esto estamos en condiciones de calcular los kilometrajes de todos los puntos de la figura 11.7.

El cálculo de valores intermedios en sobreelevación y ampliación, es sencillo, puesto que la variación es lineal y además conocemos los límites entre los cuales se efectúa dicha variación:

Para sobreelevaciones varía de 0% a S_{\max} % en una distancia de TT metros, así que:

$$S_x = \frac{S_{\max}}{TT} d_x$$

Donde:

S_x = Sobreelevación en el punto deseado.

S_{\max} = Sobreelevación en la parte central de la curva, obtenida de tablas.

TT = Longitud de la tangente de transición obtenida de tablas.

d_x = Distancia del PTT o del FTT (tomados como origen) al punto deseado.

Para ampliaciones, la variación es de cero en el inicio de la transición (PTT) y al final de la misma (FTT) y tiene un valor máximo en los puntos auxiliares, es decir:

$$A_x = \frac{A_{\max}}{TT} d_x$$

Donde:

A_x = Ampliación en el punto deseado.

A_{\max} = Ampliación total en la curva circular obtenida de tablas.

TT = Longitud de la tangente de transición obtenida de tablas.

d_x = Distancia del origen al punto deseado.

EJEMPLO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS COORDENADAS Y LAS DEFLEXIONES DE UNA CURVA ESPIRAL

$$\Sigma = 120^\circ 12'$$

$$G = 6^\circ$$

$$V = 0^\circ 30'$$

$$C = m = 20 \text{ m}$$

Determinación del número de cuerdas:

$$n = \frac{G}{V} - 1$$

$$n = 11$$

Determinación de α :

$$\alpha = \frac{V}{2}$$

$$\alpha = 0^\circ 15'$$

Deflexiones:

$$\delta = \tan^{-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i}{x_i} \right)$$

Tabla de coordenadas:

$$x_i = c \cos (n_i^2 \alpha)$$

$$y_i = c \operatorname{sen} (n_i^2 \alpha)$$

CUERDA n	DEFLEXIÓN δ	COORDENADA x_i	COORDENADA y_i
1	00° 14' 59.32"	19.9998	0.0872
2	00° 37' 029.41"	19.9970	0.3490
3	01° 09' 59.59"	19.9845	0.7852
4	01° 52' 29.44"	19.9512	1.3951
5	02° 44' 58.78"	19.8811	2.1773
6	03° 47' 27.11"	19.7537	3.1287
7	04° 59' 53.21"	19.5446	4.2436
8	06° 22' 15.08"	19.2252	5.5127
9	07° 54' 30.07"	18.7638	6.9223
10	09° 36' 34.23"	18.1261	8.4524
11	11° 28' 21.78"	17.2767	10.0755

NOTA: Se anexa el cálculo de una curva clotoide en el apéndice D.

Reportes

Los reportes, tanto de campo como el de casa, deberán contener los siguientes datos:

- Nombre y número de práctica.
- Lugar de realización.
- Nombre y matrícula del alumno.
- Cálculos realizados para el trazo de las curvas.
- Tablas de resultados.
- Croquis del trazo de las curvas con sus correspondientes componentes y valores.
- Observaciones.
- Conclusiones.

APÉNDICE A

INICIO DE UN RECORRIDO DE NIVELACIÓN CON UN NIVEL ELECTRÓNICO

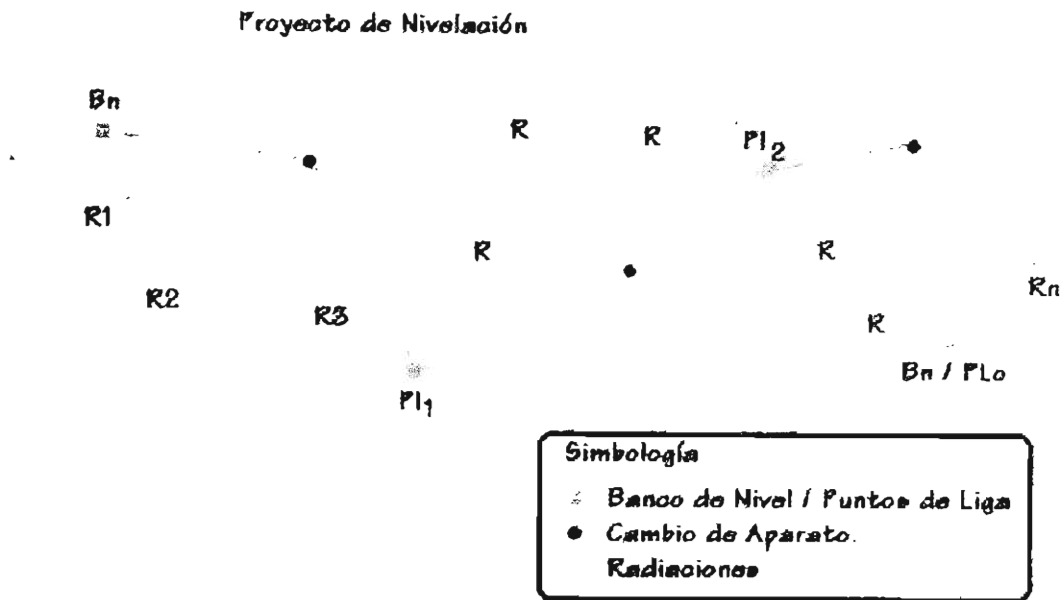


FIG. A.1 Recorrido de una nivelación

Generalmente el recorrido de una nivelación es similar al que se muestra en la figura anterior, es decir, partiendo de un banco de nivel de cota conocida (punto atrás), tomando medidas intermedias de detalles topográficos necesarios y observando hacia un nuevo punto de liga (punto adelante); después se realiza un cambio de estación (puesta de aparato) para continuar tomando radiaciones (este paso es iterativo y se realiza cuantas veces sea necesario) y finalmente se llega a un banco de nivel de cota conocida o un banco de nivel intermedio.

Todas las observaciones y/o lecturas hechas a la mira y almacenamiento de datos es automática, donde el usuario sólo tiene que seguir unos pasos en forma sistemática (sólo para efectuar la lectura, realice un cambio de estación y finalice un recorrido).

La secuencia sugerida para realizar cualquier recorrido con el nivel electrónico DL-101/102 es la siguiente:

- Presione la tecla MENU del panel de control del equipo (ver fig. A.2).

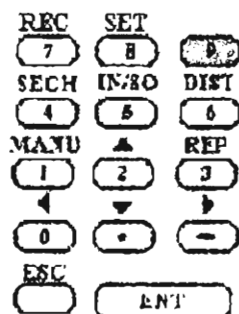


FIG. A.2 Localización de la tecla MENU.

- Este menú puede recorrerlo con las teclas \uparrow \downarrow y podrá observar cuatro opciones (ver fig. A.3).

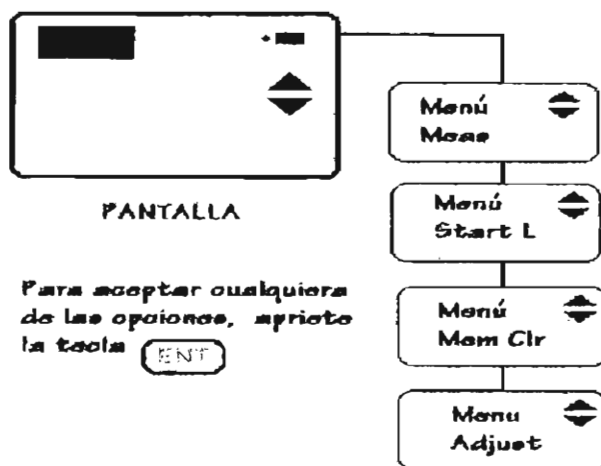


FIG. A.3

FUNCIÓN	EXPLICACIÓN
MENU MEAS	Modo de medición estándar (en este modo no se visualizan las alturas).
MENU START L	En este modo se activa el programa de nivelación (contiene tres opciones que se explicarán más adelante).
MENU MEM CLR	Limpia la memoria interna del equipo (no borra la configuración).
MENU ADJUST	Esta opción es para corregir pequeños errores del equipo cuando tenemos la certeza de que ha sufrido pequeñas averías.

Cabe mencionar que las opciones MENU MEAS y MENU ADJUST no se mencionarán más adelante; la primera porque carece de un valor práctico para realizar una nivelación, mientras que en la segunda es preferible que el usuario lleve su equipo a revisar cuando tenga la seguridad de que exista alguna contrariedad con el equipo.

- Con las teclas \blacktriangle \blacktriangledown seleccione la opción que dice MENU START L (ver fig. A.3 y A.4) y presione la tecla ENT.
- Inmediatamente el equipo le propone un nombre del proyecto o de trabajo llamado JOB 1 (ver fig. A.4). Presionando la tecla ENT usted acepta este nombre. Para cambiarlo presione la tecla ESC repetidas veces hasta borrar completamente el nombre propuesto.

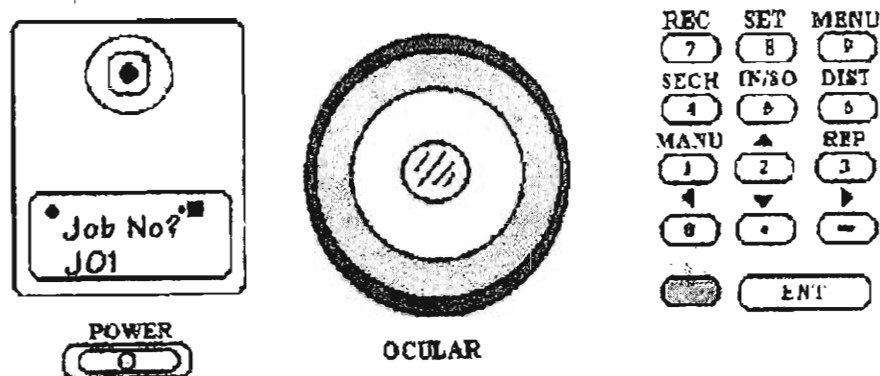


FIG. A.4

Ahora presione la tecla \blacktriangledown y aparecerá una lista de dígitos alfabéticos en mayúsculas. Si presiona por segunda ocasión la misma tecla, aparecerá otra lista de dígitos numéricos; si la presiona una tercera ocasión, aparecerá una lista de dígitos especiales; y una cuarta ocasión, aparecerá una lista de dígitos alfabéticos en minúsculas (ver fig. A.5). Con la ayuda de las teclas \blacktriangleleft \blacktriangleright seleccione el dígito deseado de cualquiera de las listas mencionadas y presione la tecla ENT para aceptar. Realice este procedimiento hasta completar el nombre del trabajo deseado. Para finalizar, presione de nuevo la tecla ESC y presione la tecla ENT.

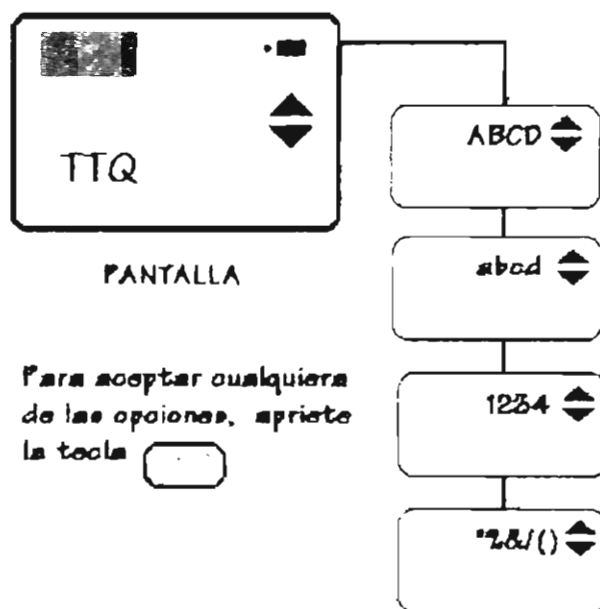


FIG. A.5

- Una vez introducido el nombre del trabajo, presione la tecla ENT. En este paso existen tres métodos para realizar la nivelación.

OPCIÓN	EXPLICACIÓN
LEVEL 1 B1F1F2B2	Esta opción es para realizar una nivelación con doble puesta de la mira (estadál).
LEVEL 2 B1B2F1F2	Esta opción también es para realizar una nivelación con doble puesta de la mira.
LEVEL 3 BF	Esta opción es para realizar una nivelación sin doble puesta de la mira.

Las opciones LEVEL 1 y LEVEL 2 son similares, con la única variación de que el orden de la toma de las lecturas será:

1ra. opción: punto atrás - punto adelante (en la primera posición de la mira). Después, punto adelante - punto atrás (en la segunda posición de la mira).

2da opción: punto atrás en la primera posición de la mira - punto atrás en la segunda posición de la mira; luego, punto adelante en la primera posición de la mira - punto adelante en la segunda posición de la mira.

Estas opciones son convenientes cuando el circuito de nivelación es bastante largo y cuando se quiere llevar simultáneamente una doble nivelación para determinar errores en los bancos de nivel o de radiaciones (ver fig. A.6).

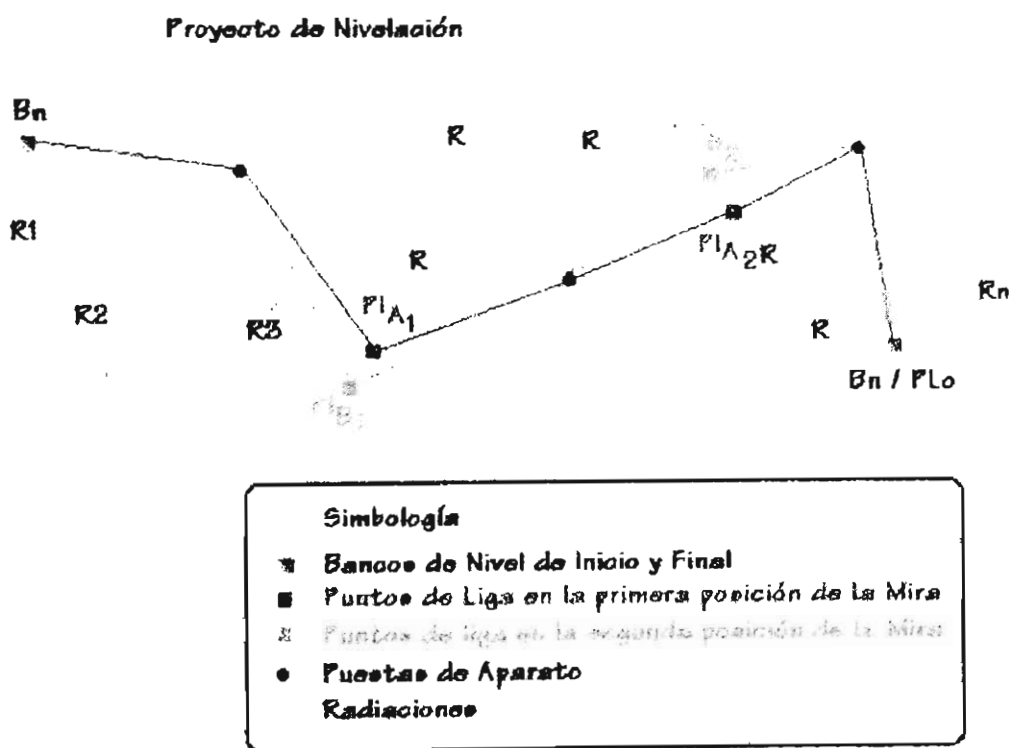


FIG. A.6

- Para este ejemplo (por cuestiones de tiempo y rapidez, seleccionamos la opción LEVEL3. Los otros dos casos son similares a esta opción), seleccione la opción LEVEL 3 BF y presione la tecla ENT para aceptar.
- Inmediatamente el programa propone un nombre al banco de nivel de inicio (BO1). De igual manera que introdujo el nombre al proyecto, introduzca un nombre diferente al banco de nivel de inicio (ver paso No. 3) y presione la tecla ENT para aceptar.

- El programa le pide que introduzca la cota del banco de nivel. Hágalo con la ayuda de las teclas numéricas (1-9) y para aceptar presione la tecla ENT.
- Ahora, el programa le pide que introduzca alguna información o notas adicionales acerca del proyecto o del trabajo. Aquí existen tres renglones para introducir las notas (INFO 1, INFO 2 e INFO 3). Si no desea introducir alguna nota, simplemente presione la tecla ENT para aceptar.
- Usted está listo ahora para iniciar el circuito de nivelación y el programa del equipo le pide que observe a la mira en el banco de nivel de inicio (vista atrás). Ponga la mira en el banco de nivel y presione la tecla MEAS para tomar la lectura del estadal.
- En la pantalla (ver fig. A.7) del equipo aparecerá la lectura hacia la mira, además de un pequeño icono (□). Siempre que aparezca este icono, indica que existe más información. Recorra con la ayuda de las teclas ▲ ▼ las diferentes pantallas para ver la información adicional. Inmediatamente aparecerá una indicación para que observe al punto de adelante (FORE PN 1).

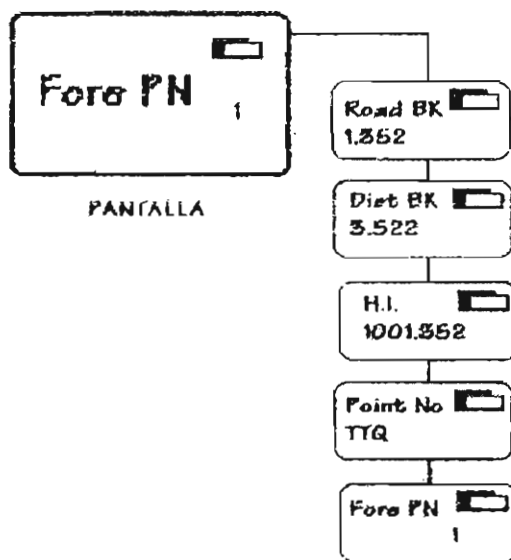


FIG. A.7

- En este momento, después de medir al punto de atrás y que el equipo le dice que observe al punto de adelante, usted podrá realizar dos acciones antes de medir el punto de adelante:
- - a) Medir radiaciones o lecturas intermedias.
 - b) Medir al siguiente punto de liga o realizar un cambio de aparato.

Observe de nuevo la fig. A.6.

- Si desea tomar medidas intermedias (radiaciones) a vértices de interés, presione la tecla IN/SO (ver fig. A.8) y con ayuda de las teclas \uparrow \downarrow recorra las diferentes pantallas para seleccionar la opción "intermediate" (ver fig. A.9).

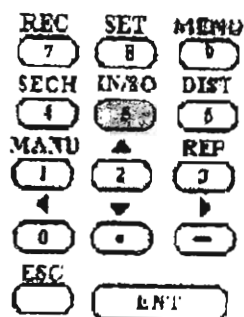


FIG. A.8

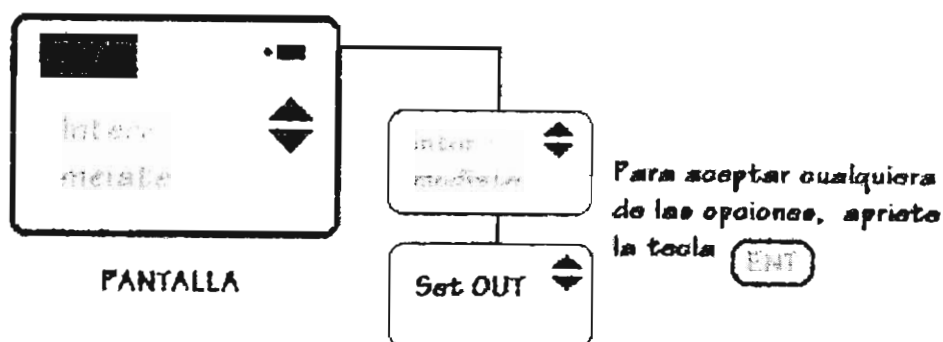


FIG. A.9

- El programa le pide que introduzca el nombre de la radiación o que acepte el nombre propuesto por él (cámbielo de acuerdo con el paso No. 4). Presione la tecla MEAS para tomar la lectura a la mira de la radiación observada. La información calculada por el equipo es la misma que aparece en el inciso 11.
- Por cada radiación o medida intermedia adicional, deben repetirse los pasos No. 13 y No. 14.
- Después de tomar la última lectura de la radiación o del punto de atrás, el programa del equipo le pide que realice la lectura hacia el punto de adelante. Presione la tecla MEAS

para tomar la lectura hacia la mira. La información calculada por el equipo es la misma que aparece en el inciso 11.

- Una vez medida la distancia al punto de liga de adelante, el usuario tendrá dos opciones:
 - a) Realizar un cambio de estación.
 - b) Finalizar la nivelación.

Observe de nuevo la fig. A.6.

- Para realizar el cambio de aparato, muévelo y nivélelo de nuevo. Presione la tecla MENU y seleccione la opción "cont L3" (L1 o L2 según sea el caso) y presione la tecla ENT. Ahora, el programa le pide que observe y mida al punto de atrás. Esta secuencia es repetitiva para continuar la nivelación desde el paso No. 10 al No. 17.

NOTA: En los puntos de liga no se puede renombrar y el equipo reconoce sólo al nombre que propone.

- Para finalizar el circuito de nivelación, después de terminar la medición de la lectura hacia delante, presione la tecla MENU y seleccione la opción MENU END MODE. Presione la tecla ENT para aceptar (ver fig. A.10).
- En este menú de finalización hay dos opciones para finalizar el recorrido de la nivelación. La primera opción pide cerrar el circuito en un punto de liga (no tiene cota conocida) o en un banco de nivel (con cota conocida y precisa). Seleccione la opción deseada y presione la tecla ENT para finalizar el circuito de nivelación (ver fig. A.10).

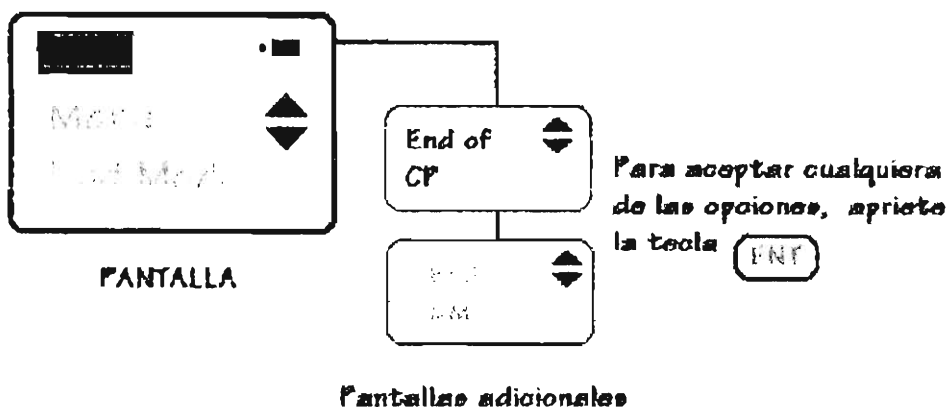


FIG. A.10

MEMORIA DEL EQUIPO

El nivel electrónico DL - 101/102 tiene una memoria interna en donde los datos leídos (capturados) en forma automática y/o manualmente y son almacenados en forma segura y sin riesgos de pérdida de algún dato.

Debido a su finita capacidad de memoria, el equipo debe revisarse continuamente para tener la seguridad de que exista memoria suficiente para continuar grabando en el equipo.

Cuando el usuario ya haya hecho la transferencia de los datos de nivelación (almacenados en el equipo) a su computadora personal (PC) en donde se encuentre instalado el programa; el usuario podrá entonces borrar los datos de la memoria interna del equipo.

- Presione la tecla MENU del panel de control del equipo (ver figura A.11).

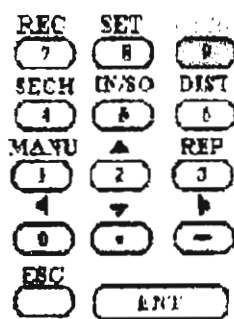


FIG. A.11

- Este menú puede recorrerlo con las teclas ▲ ▼ y podrá observar cuatro opciones (ver fig. A.12).

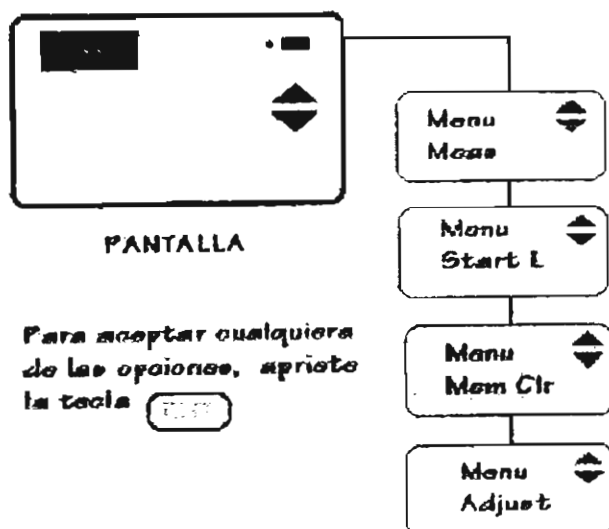


FIG. A.12

- Con las teclas \uparrow \downarrow seleccione la opción que dice MENU MEN Clr y presione la tecla ENT para continuar.
- Inmediatamente aparecerá en la pantalla el mensaje SET PASSWORD, que significa introducir palabra clave (ver fig. A.13).

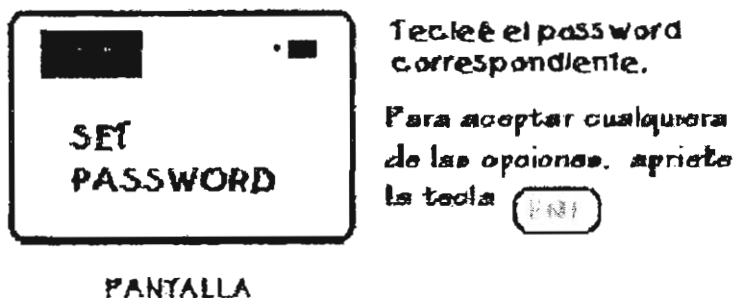


FIG. A.13

- Introduzca el PASSWORD y presione la tecla ENT para aceptar.
- Aparecerá entonces un nuevo mensaje que le pide confirmar la ejecución de borrar la memoria (ver fig. A.14).

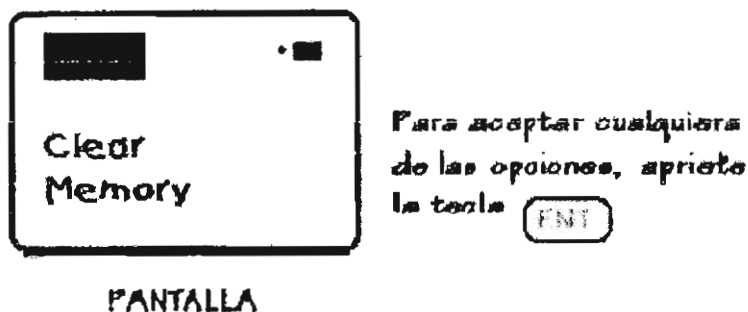


FIG. A.14

- El PASSWORD es diferente para cada equipo, después de introducir este PASSWORD o palabra clave el programa le pide que confirme la opción; las únicas dos opciones que tiene el usuario en este momento se pueden resumir en la siguiente tabla:

OPCIONES	ACCIÓN
ESC	No borra los datos de la memoria interna del equipo (cancela esta ejecución).
ENT	Acepta que los datos de la memoria sean borrados.

Cabe recordar que la acción de borrar los datos de la memoria es una operación delicada porque no hay forma de recuperar los datos después de borrar y por lo tanto debe estar 100% seguro de esta acción.”⁸

⁸ Op cit.

APÉNDICE B

INSTRUMENTOS DE ESTACIÓN TOTAL

“Los instrumentos de estación total (llamados también taquímetros electrónicos) combinan un IEMD, un teodolito digital electrónico y una computadora en una sola unidad. El teodolito digital electrónico, descrito con más detalle en la parte inicial de este guión, mide y muestra automáticamente ángulos horizontales y cenitales (o verticales). Los instrumentos de estación total miden simultáneamente distancias y direcciones y transmiten los resultados automáticamente a una computadora integrada a ellos. Los ángulos horizontales y cenitales (o verticales), así como las distancias inclinadas, pueden exhibirse usando los comandos del teclado. De esta manera, las componentes de las distancias verticales y las horizontales son calculadas y mostradas instantáneamente. Si las coordenadas de la estación y un acimut de referencia se incorporan al sistema, las coordenadas del punto visado se obtienen inmediatamente. Esta información puede almacenarse directamente en un recolector automático de datos, eliminando así todo registro manual. Estos instrumentos son de gran valor en todo tipo de levantamientos.

El instrumento Pentax PTSIII de estación total mostrado en la figura B.1, tiene un alcance de aproximadamente 2 km (usando un solo prisma), con una exactitud de más menos ($3\text{mm}+2\text{ppm}$), y lee ángulos a los $5''$ más cercanos. El Geodímetro 500 que aparece en la figura B.5, tiene un alcance y exactitud similares, pero lee ángulos de hasta $1''$. El Sokkia SET 2B en la figura B.2 (mostrado con el recolector de datos SDR 33) tiene también un alcance de aproximadamente 2 km. (con un solo prisma) y lee ángulos a los $2''$ más cercanos.”¹



FIG: B.1 Instrumento de estación total PENTAX PTS III

¹ Op. cit

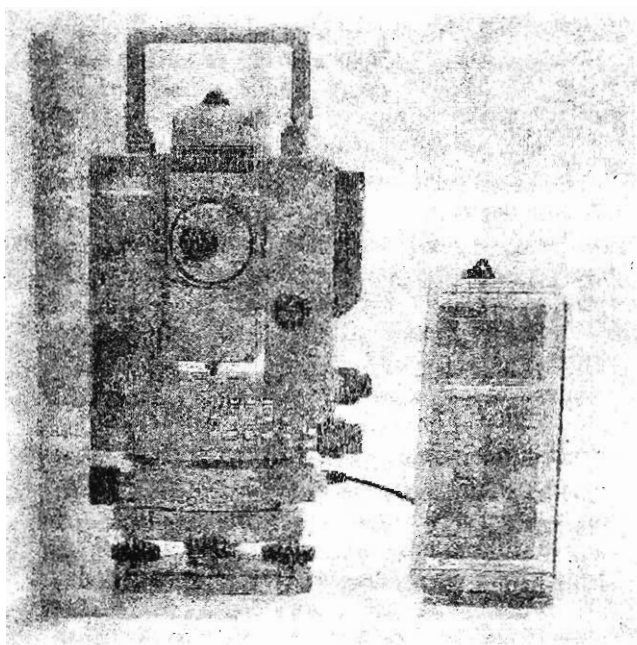


FIG. B.2 Estación total Sokkia SET 2B o su equivalente, Lietz SET 2B con un recolector de datos SDR 33

CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE ESTACIÓN TOTAL

“Los instrumentos de estación total combinan tres componentes básicas: un IEMD, un teodolito digital electrónico y una computadora o microprocesador en una sola unidad. Estos aparatos, llamados también taquimétricos electrónicos, pueden medir automáticamente ángulos horizontales y verticales, así como distancias inclinadas desde una sola estación. Con base en éstos datos, ellos pueden calcular instantáneamente las componentes horizontales y verticales de las distancias, las elevaciones y coordenadas, así como exhibir los resultados en un LCD. También pueden almacenar los datos, ya sea en recolectores internos externos de datos. En la figura B.2 se muestra una estación total Lietz SET 2B con un recolector manual de datos SDR 33.

Las estaciones totales ofrecen muchas ventajas en casi todo tipo de levantamiento. Se usan en levantamientos topográficos, hidrográficos, catastrales y de construcciones.

Las dos componentes de medición de una estación total, el IEMD y el teodolito digital ya fueron descritos. El IEMD instalado en una estación total es relativamente pequeño y, como se muestra en el instrumento de la figura B.1, está montado con el antejo entre los montantes del teodolito digital, por lo que los instrumentos actuales no son mucho mayores que un teodolito: su peso varía de 10 a 20 libras. Aunque los IEMD son pequeños, tienen alcances en distancias adecuados para la mayoría de los trabajos. Con ellos se pueden medir longitudes de entre 1 y 2 km con un solo prisma, y de hasta 3 o 4 km con un prisma triple.

La resolución angular de las estaciones totales varía de medio segundo en los instrumentos adecuados para levantamientos de control hasta 20 segundos en los instrumentos hechos específicamente para el estacado de construcciones. Los formatos usados para exhibir los ángulos también varían con los diferentes instrumentos. Por ejemplo, algunos muestran los símbolos de grados, minutos y segundos, en tanto que otros usan sólo un punto decimal para separar el número de grados de los minutos y los segundos. Así, 315.1743 es equivalente a 315° 17' 43".

Algunos instrumentos permiten escoger las unidades, tales como la exhibición de mediciones angulares en grados, minutos y segundos, o bien en grados centesimales. Las distancias se pueden mostrar ya sea en pies o en metros. Ciertos instrumentos permiten escoger una exhibición ya sea de ángulos cenitales o de ángulos verticales. Esta selección se hace por medio del teclado y el microprocesador ejecuta las conversiones en la forma correspondiente. El teclado para el control del instrumento y la entrada de datos se localiza justamente encima de la cabeza de nivelación, como se muestra en la figura B.2. Por conveniencia al operar los modos directo e inverso, existe un teclado idéntico en ambos lados de la mayoría de los instrumentos.

El tiempo requerido para exhibir mediciones angulares y de distancias es generalmente de 3 a 7 segundos cuando se opera en el modo normal, y de menos de 0.5 segundos cuando se opera en el modo de rastreo. En el modo normal se obtiene una precisión mayor porque se efectúan mediciones múltiples que luego se promedian. En el modo de rastreo, usado principalmente para la alineación de estaciones y del estacado en los proyectos de construcción, se mantiene un prisma sobre la línea cerca de la localidad final anticipada de una estaca. Se toma rápidamente una medición al prisma, se calcula y exhibe instantáneamente la distancia que se debe mover hacia adelante o hacia atrás; se mueve el prisma, se hace otra comprobación de la distancia y, si ésta es correcta, se fija la estaca. El Lietz SET 2B de la figura B.2 tiene un alcance en distancia de aproximadamente 2.5 km. con un prisma y hasta 3 km. con un prisma triple. Su resolución angular horizontal y vertical es de 2".

FUNCIONES QUE REALIZAN LAS ESTACIONES TOTALES

Las estaciones totales, con sus microprocesadores, pueden efectuar varias funciones y cálculos, dependiendo de cómo están programadas. La mayoría son capaces de ayudar a un operador, paso a paso, a través de los diferentes tipos de operaciones básicas de un levantamiento. Después de seleccionar el tipo de levantamiento en un menú, automáticamente aparecerán en la pantalla sugerencias o indicaciones para guiar al operador en cada paso.

Además de proporcionar ayuda al operador, los microprocesadores de las estaciones totales pueden realizar numerosos tipos de cálculos. Las capacidades varían según los diferentes instrumentos, pero algunos cálculos estándar son:

- Obtención de promedios de mediciones múltiples angulares y de distancias.
- Corrección electrónica de distancias medidas por constantes de prisma, presión atmosférica y temperatura.
- Correcciones por curvatura y refracción de elevaciones determinadas por nivelación trigonométrica.
- Reducción de las distancias inclinadas a sus componentes vertical y horizontal.
- Cálculo de elevaciones de puntos a partir de las componentes de distancias verticales, las cuales se complementan con entradas por medio del teclado de las alturas del instrumento y del reflector.
- Cálculo de las coordenadas de los puntos del levantamiento a partir de las componentes de distancia y ángulo horizontales, que se complementan con entrada por medio del teclado de las coordenadas de la estación ocupada y de acimut de referencia.

Muchas estaciones totales, aunque no todas, son también capaces de efectuar correcciones en los ángulos horizontales y verticales medidos cuando hay de por medio varios errores instrumentales. Por ejemplo, por medio de un simple proceso de calibración, el error de índice del círculo vertical puede determinarse, almacenarse en el microprocesador y luego aplicarse automáticamente una corrección cada vez que se mide un ángulo cenital. Un procedimiento similar de calibración y de corrección se aplica a los errores que existen en los ángulos horizontales debido a ciertas imperfecciones del instrumento. Algunas estaciones totales son también capaces de corregir errores personales, como sería una nivelación imperfecta del instrumento. Por medio de mecanismos sensibles, estos instrumentos miden automáticamente la magnitud y dirección del desnivel y luego hacen correcciones a los ángulos horizontales y verticales medidos en esta condición.

OPCIONES PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

En algunas estaciones totales las mediciones pueden almacenarse en el mismo instrumento, mientras que en otras se transfieren a un recolector manual de datos externo. Se tienen dos opciones en el primer caso: los datos pueden almacenarse directamente en la memoria del microprocesador y luego descargarse en un dispositivo externo de almacenaje por medio de una conexión RS-232. Esto puede hacerse en el campo si se dispone de una unidad de memoria externa o de una computadora portátil, o bien, el instrumento puede llevarse a la oficina para su descarga. La otra opción depende de los sistemas de almacenaje interno, como el mostrado con la estación total Topcon ITS-1 en la figura B.3, que almacena información en tarjetas de memoria removibles. La tarjeta para el sistema mostrado tiene 256 kbytes de memoria. Cuando una tarjeta se llena puede removerse e instalarse otra rápidamente. Con este sistema la memoria es virtualmente ilimitada y el instrumento nunca tiene que dejar el campo. En la figura B.4 se muestra un sistema para cargar datos de la tarjeta de memoria de la figura B.3 en una computadora.

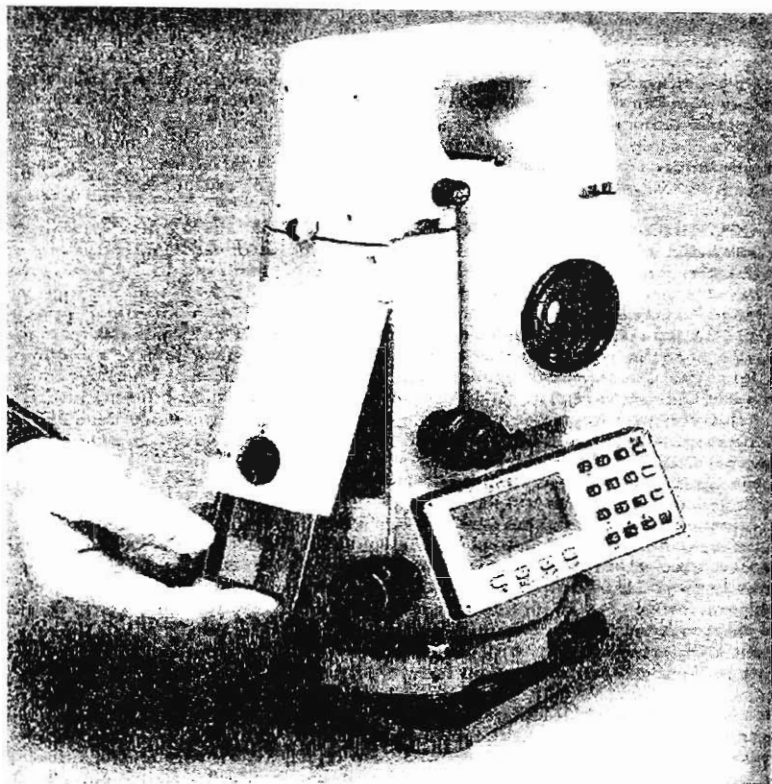


FIG. B.3 Estación total TOPCON ITS-1 con tarjeta de memoria

Se dispone de varias versiones diferentes de recolectores manuales de datos. A menudo pueden hacerse mucho más que solo almacenar mediciones. Algunos son en realidad computadoras que rebasan con mucho la capacidad total de cálculo del sistema disponible en el microprocesador de la estación total. Otros son capaces de proporcionar el control de operación de la estación total por medio de comandos que operan a través del teclado del recolector. Como las unidades manuales pueden ser más grandes, ellos pueden tener teclados mayores con más teclas de mayor tamaño. Esto puede acelerar las operaciones al utilizar más asiduamente los menús, pues con ellos se reduce el tecleo.

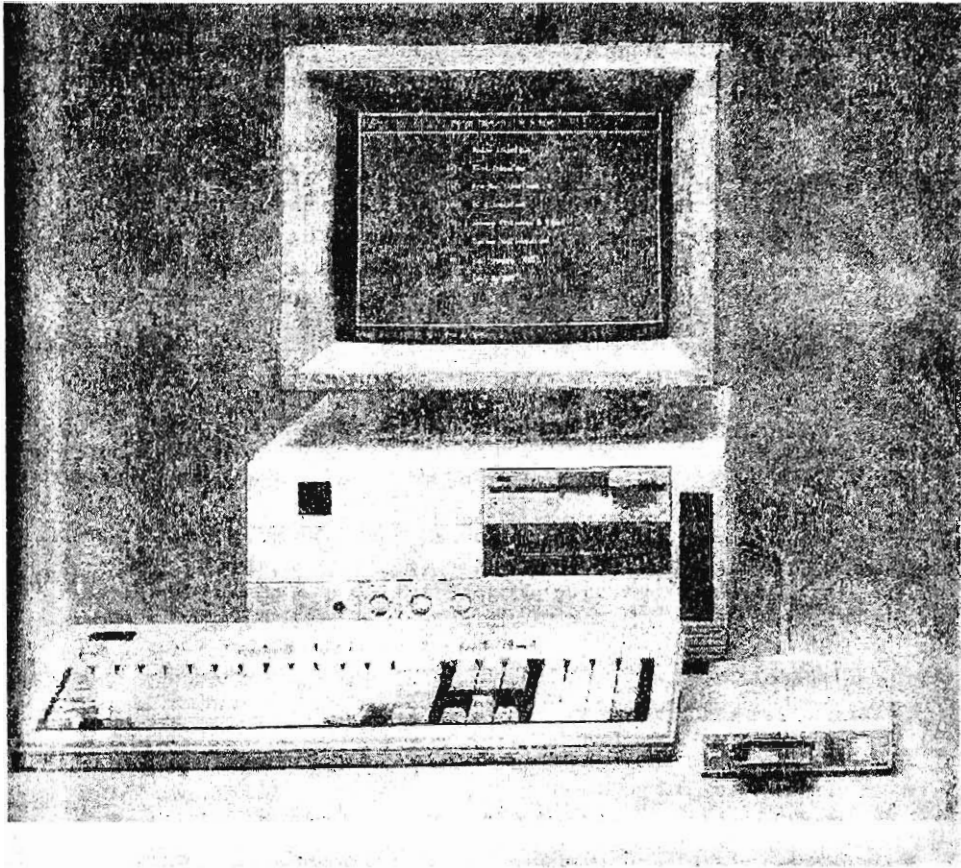


FIG. B.4 Descarga de archivos de tarjetas de memoria externa a una PC usando un lector de tarjetas

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES TOTALES

Debido a que contienen componentes electrónicas delicadas, las estaciones totales no son tan resistentes como los tránsitos o los teodolitos. Ellas deben empacarse, transportarse, manipularse y sacarse de sus estuches con cuidado. Las estaciones totales tienen cabezas de nivelación con tres tornillos, y si están provistas de un frasco de nivel preciso se nivelan usando el mismo procedimiento aplicable a los teodolitos. Algunos instrumentos, como el geodímetro 500 mostrado en la figura B.5, no tienen frascos de nivel ordinarios. Este instrumento está equipado con un sistema de nivelación electrónico de eje dual en el que pruebas perciben una superficie líquida (horizontal). Después de hacer una nivelación preliminar por medio de la burbuja esférica del tríbraco, las señales de las pruebas se procesan para formar una imagen en la unidad visual LCD, la cual guía a un operador al efectuar una nivelación aproximada. Se usan los tres tornillos de nivelación, pero el instrumento no necesita girarse alrededor de su eje vertical en el proceso de nivelación. Después de la nivelación aproximada, la magnitud y dirección de cualquier desnivel residual es automática y continuamente recibida por el microprocesador, el cual corrige los ángulos horizontales y verticales medidos en tiempo real.

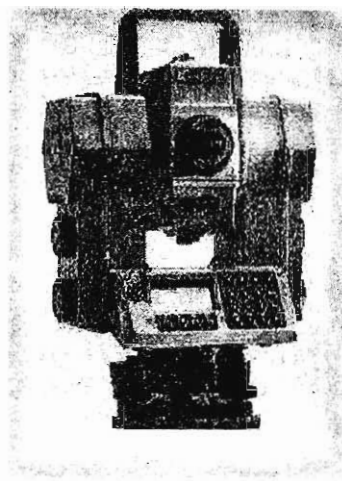


FIG B.5 Geodímetro 500 de estación total

Como se dijo antes, las estaciones totales son controladas con entradas hechas a través de sus propios teclados o a través de los teclados de los recolectores de datos manuales. Los detalles de operación de cada estación total individual son, en cada caso, diferentes, por lo que no se describen aquí.

La exactitud alcanzada con las estaciones totales no es solamente una función de su capacidad para resolver ángulos y distancias con exactitud. Tiene que ver también con el procedimiento usado por el operador y con la condición del equipo periférico. Los procedimientos operativos se refieren al centrado cuidadoso y a la nivelación del instrumento, al señalamiento exacto de los blancos y a la obtención de promedios de mediciones múltiples de ángulos hechas en posiciones directa e inversa. El equipo periférico que puede afectar la exactitud incluye tríbracos, plomadas ópticas, prismas y estadales prismáticos. Los tríbracos deben proporcionar un ajuste sin deslizamiento. Las plomadas ópticas desajustadas ocasionan que los instrumentos queden estacionados erróneamente sobre el punto de medición. Los estadales prismáticos torcidos o los estadales con burbujas esféricas mal ajustadas también ocasionan errores en la colocación del prisma sobre el punto que se va a medir. Normalmente las plomadas ópticas y las burbujas esféricas pueden ajustarse fácilmente. Los prismas deben revisarse con frecuencia para determinar sus constantes y sus valores almacenados con objeto de utilizarlos para corregir la medición de distancias.

TRAZO DE POLIGONALES CON INSTRUMENTO DE ESTACIÓN TOTAL

Los instrumentos de estación total, con sus combinaciones de teodolitos electrónicos digitales e instrumentos para la medición electrónica de distancias (IEMD), incrementan considerablemente la velocidad del proceso para levantar poligonales, ya que pueden medir ángulos y distancias desde un mismo emplazamiento. El proceso de medición se simplifica además porque los ángulos y las distancias se resuelven y se exhiben automáticamente. Más aún, los microprocesadores de estaciones totales pueden efectuar los cálculos de las poligonales reduciendo las distancias inclinadas a sus componentes horizontal y vertical, así como determinar y almacenar de inmediato las elevaciones y las coordenadas de las estaciones.

Para exponer el procedimiento de levantar una poligonal con un instrumento de estación total nos referimos a la poligonal de la figura B.6. Con el instrumento emplazado y nivelado en la estación *A*, el acimut de la línea *A-Az Mk₁* se fija sobre el círculo horizontal introduciéndolo en la unidad mediante el teclado del aparato. También se introducen en la memoria las coordenadas y las elevaciones de la estación *A*. A continuación se toma una lectura hacia adelante de la estación *B*. Aparecerá ahora en la pantalla el acimut de la línea *AB*, la cual se almacenará también en la memoria del microprocesador. Luego se mide la distancia inclinada *AB* y se reduce con el microprocesador a sus componentes horizontal y vertical. Por último, se calculan las proyecciones de la línea y se suman a las coordenadas de la estación *A* para tener las coordenadas de la estación *B*.

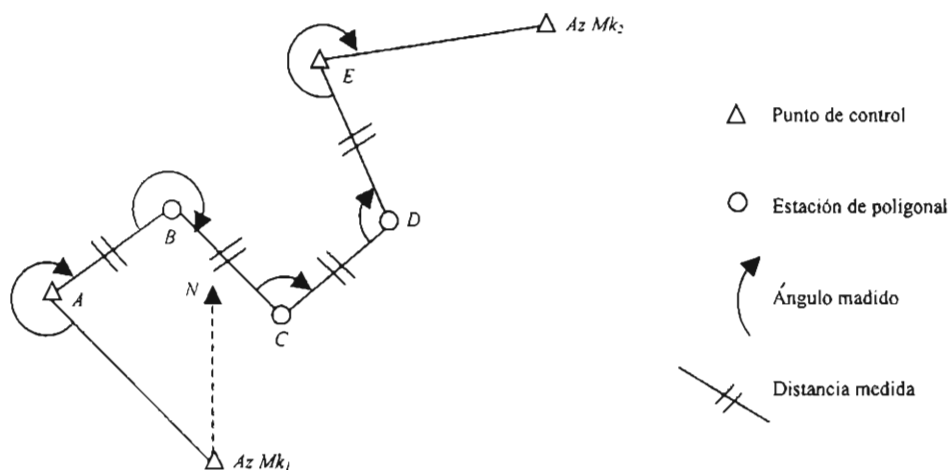


FIG. B.6 Recorrido de una poligonal

El procedimiento descrito para la estación *A* se repite en la estación *B*, excepto que el acimut inverso *BA* y las coordenadas de la estación *B* no necesitan introducirse; más bien las llama la memoria del instrumento. Desde el emplazamiento en *B*, el acimut *BC* y las coordenadas de *C* se determinan y almacenan. Este procedimiento se repite hasta que se alcanza una estación de coordenadas conocidas, como *E* en la figura B.6. Aquí se introducen las coordenadas de *E* en la computadora y se comparan con las mediciones efectuadas en la poligonal. Se calcula el error de cierre, se exhibe y, dentro de los límites permisibles, se distribuye por el microprocesador para dar las coordenadas finales de las estaciones intermedias.

Si se desea, las elevaciones de las estaciones de la poligonal también pueden determinarse como parte del procedimiento (lo que es generalmente el caso en los levantamientos topográficos). Para esto deben introducirse las alturas h_i del instrumento y h_r del reflector. El microprocesador calcula la componente vertical de la distancia inclinada e incluye una corrección por curvatura y refracción. La diferencia de elevación se suma a la elevación de la estación ocupada para determinar la elevación de la estación siguiente. En la estación final, cualquier error de cierre se determina comparando la elevación calculada con su valor conocido, y si está dentro de la tolerancia, se ajusta para las elevaciones de las estaciones intermedias de la poligonal.

Todos los datos obtenidos para la poligonal con un instrumento de estación total pueden almacenarse en un recopilador automático de datos para su impresión posterior y transmisión a la oficina, en donde se harán los cálculos adicionales y su gráfica. Alternativamente, las notas poligonales pueden registrarse manualmente.”¹

LA MEDICIÓN ANGULAR¹⁰

MEDICIÓN DEL ÁNGULO HORIZONTAL ENTRE 2 PUNTOS <H ÁNGULO 0>

Para medir el ángulo entre 2 puntos, coloque el ángulo horizontal en la dirección del blanco.

1) *Usando el tornillo de movimiento horizontal y el tornillo de movimiento fino, divise el primer punto.*

2) *En el modo THEO, presione 0SET.*

La exhibición angular horizontal ha sido ajustada a "0°".

3) *Divise el segundo blanco.*

El ángulo horizontal mostrado es el ángulo entre los 2 puntos.

¹ Op. cit

¹⁰ Traducido del "MANUAL DE REFERENCIA DE ESTACIÓN TOTAL SOKKIA 2B".

AJUSTE DEL CÍRCULO HORIZONTAL AL VALOR REQUERIDO < ÁNGULO HORIZONTAL FIJO>

Para ajustar el círculo horizontal en la dirección del blanco al valor requerido, introduzca el valor del ángulo horizontal para fijarlo.

1) *En modo **THEO**, utilice el tornillo de movimiento horizontal y el tornillo de movimiento fino para girar el teodolito hasta que un valor requerido se muestre sobre la pantalla.*

2) *Presione **HOLD***

El ángulo horizontal se ha fijado.

3) *Divise el blanco de referencia y presione **HOLD** nuevamente. Aquí, el ángulo horizontal para el blanco ha sido fijado al valor requerido.*

MEDICIÓN DEL ÁNGULO HORIZONTAL POR REPETICIÓN

Para obtener un valor del ángulo horizontal con mayor exactitud, se pueden tomar medidas por el método de la repetición y tomar su promedio. **SET F** puede calcularlo y desplegar en la pantalla el promedio del ángulo horizontal.

1) *Divise primer punto.*

REP. Para estar en modo del ángulo horizontal por repetición.

BS. Comience la primer medición.

2) *Divise el segundo punto.*

FS. Muestra el ángulo entre 2 puntos. (El ángulo del segundo punto permanece fijo)

3) *Divise el primer punto nuevamente.*

BS. El ángulo horizontal que permanecía fijo en un principio desaparece y comienza la segunda medición.

4) *Divise el segundo punto nuevamente.*

FS. Muestra el promedio de las 2 mediciones. (El ángulo del segundo punto se mantiene fijo)

Para continuar la medición, repita los procedimientos 3 y 4.

Exit. Fin del modo de medición angular por repetición.

MEDICIÓN DE LA DISTANCIA

CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

La corrección atmosférica es necesaria para obtener una medición precisa de la distancia, ya que la velocidad de luz en el aire es afectada por la temperatura y la presión atmosférica.

SET F está diseñado para que el factor de corrección sea 0 ppm para una temperatura de +15°C y una presión atmosférica de 76 mmHg.

Nota:

Para obtener el promedio del índice refractario del aire en una trayectoria, debería usar la temperatura y presión atmosférica promedio. Tenga cuidado cuando esté calculando el factor de corrección en un terreno montañoso.

Antes de introducir los valores de la temperatura y la presión, la corrección se calcula y se almacena en la memoria. La fórmula usada es como se indica a continuación:

$$pm = 278.96 - \frac{0.2904 P}{1 + 0.003661 T}$$

Donde:

P = Presión atmosférica (hPa).

T = Temperatura (°C)

Si la corrección atmosférica no es requerida, introduzca el valor de 0 para ppm.

PPM. Para estar en modo ppm.

- 1) *Introducir los valores de la temperatura y la presión.*
- 2) *Introduzca el valor de la corrección.*

MEDICIÓN DE ÁNGULO Y DISTANCIA

SHV. Selecciona distancia inclinada/ distancia Horizontal/ diferencia de altura.

dist. Comienzo de la medición de la distancia. La distancia medida, ángulo vertical y el ángulo horizontal se muestran.

STOP. Detiene la medición.

Si se ha seleccionado el modo de medición sencilla o para obtener un promedio, la medición se detiene automáticamente.

Parar la medición: **STOP**.

La distancia y el ángulo medidos recientemente se almacenan en la memoria. Presione **SHV** para mostrar la distancia horizontal y la diferencia de altura.

APÉNDICE C

SISTEMA GLOBAL DE POSICIÓN

Conocido también como GPS, es un sistema de navegación basado en un sistema de radio espacial. Consta de 24 satélites que proporcionan posiciones precisas en tres dimensiones, velocidad y tiempo, las 24 horas del día, en cualquier parte del mundo y en todas las condiciones climáticas. Al no haber comunicación directa entre usuario y satélites, GPS puede dar servicio a un número ilimitado de usuarios.

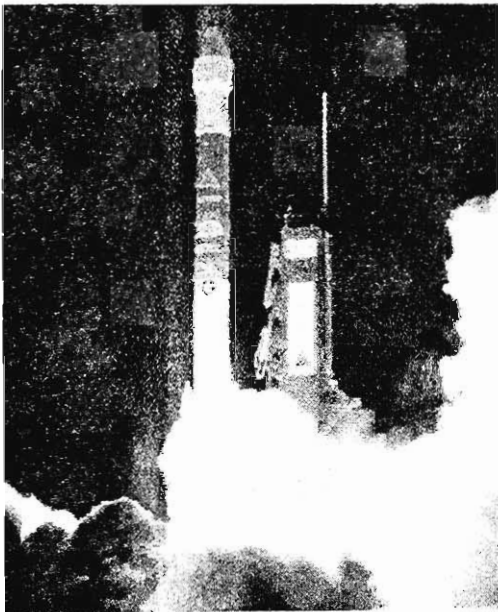


FIG C.1 Sistema de Posicionamiento Global

Puesta en órbita de un satélite Navstar de sistema de posicionamiento global (GPS) mediante cohetes Delta. Los satélites GPS transmiten continuamente datos relativos a su posición y la hora exacta. La navegación militar y civil utiliza la información recibida de distintos satélites para determinar su propia posición.

HISTORIA Y DESARROLLO

Dirigido por el departamento de Defensa de Estados Unidos, el sistema global de posición Navstar apareció en 1973 para reducir el aumento de problemas en la navegación. Al ser un sistema que supera las limitaciones de la mayoría de los sistemas de navegación existentes, GPS consiguió gran aceptación entre la mayoría de los usuarios. Desde los primeros satélites se ha probado con éxito en las aplicaciones de navegación habituales. Como puede accederse a sus funciones de forma asequible con equipos pequeños y baratos, GPS ha fomentado muchas aplicaciones nuevas.

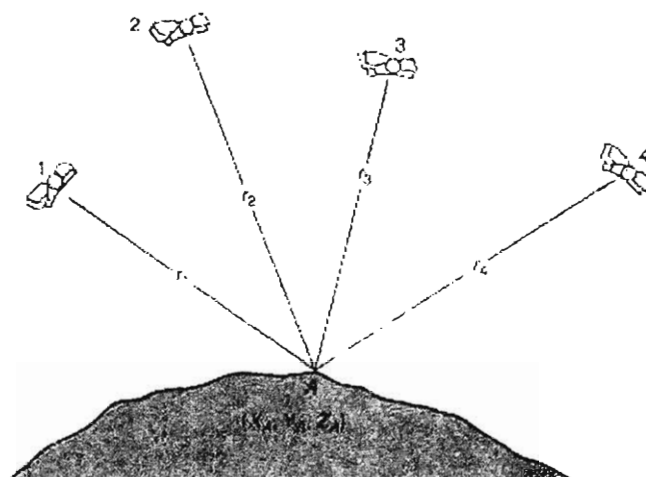


FIG. C.2 Cuatro satélites del GPS visibles simultáneamente

CARACTERÍSTICAS

El sistema global de posición (GPS) está disponible en dos formas básicas: SPS, iniciales de Standard Positioning Service (servicio de posición oficial) y PPS, iniciales de Precise Positioning Service (servicio de posición preciso). SPS proporciona la posición horizontal exacta a los 100 m. La exactitud horizontal de PPS es a los 20 m. A los usuarios autorizados, generalmente militares de Estados Unidos y sus aliados, el PPS también proporciona mayor resistencia a la saturación e inmunidad a las señales engañosas.

Las técnicas de mejora como el GPS diferencial (DGPS) y el uso de frecuencia portadora permiten a los usuarios de DGPS alcanzar hasta 3 m de precisión horizontal. Los investigadores fueron los primeros en usar portadoras para calcular posiciones con una precisión de 1 cm. Todos los usuarios tienen a su disponibilidad SPS, DGPS y técnicas portadoras.

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA GLOBAL DE POSICIÓN

Los satélites GPS llevan relojes atómicos de alto grado de precisión. La información horaria se sitúa en los códigos de transmisión mediante los satélites, de forma que un receptor puede determinar en cada momento cuánto tiempo se transmite la señal. Esta señal contiene datos que el receptor utiliza para calcular la ubicación de los satélites y realizar los ajustes necesarios para precisar las posiciones. El receptor utiliza la diferencia de tiempo entre el tiempo de la recepción de la señal y el tiempo de transmisión para calcular la distancia hasta el satélite. El receptor tiene en cuenta los retrasos en la propagación de la señal debidos a la ionosfera y la troposfera. Con tres distancias a tres satélites y conociendo la ubicación del satélite desde donde se envió la señal, el receptor calcula su posición en tres dimensiones.

Sin embargo, para calcular directamente las distancias, el usuario debe tener un reloj atómico sincronizado con el sistema global de posición. Midiendo desde un satélite adicional se evita que el receptor necesite un reloj atómico. El receptor utiliza cuatro satélites para calcular la latitud, la longitud, la altitud y la información horaria.



FIG: C.3 Vaciado de datos de un receptor directamente a una computadora

PARTES DEL SISTEMA GLOBAL DE POSICIÓN

El sistema global de posición tiene tres divisiones: espacio, control y usuario. La división espacio incluye los satélites y los cohetes Delta que lanzan los satélites desde Cabo Cañaveral en Florida, Estados Unidos. Los satélites GPS se desplazan en órbitas circulares a 17.440 km de altitud, invirtiendo 12 horas en cada una de las órbitas. Éstas tienen una inclinación de 55 grados para asegurar la cobertura de las regiones polares. La energía la proporcionan células solares, por lo que los satélites se orientan continuamente dirigiendo los paneles solares hacia el Sol y las antenas hacia la Tierra. Cada satélite tiene cuatro relojes atómicos.

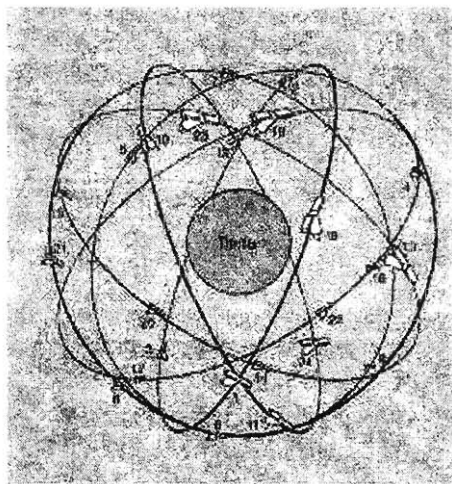


FIG. C.4 Constelación planeada de satélites del GPS NAVSTAR

La división control incluye la estación de control principal en la base de las Fuerzas Aéreas Falcon, Colorado Springs, Estados Unidos, y las estaciones de observación en Falcon AFB, Hawaii, isla Ascensión en el Atlántico, Diego García en el océano Índico y en la isla Kwajalein en el Pacífico Sur. Las divisiones de control utilizan las medidas recogidas en las estaciones de observación para predecir el comportamiento de las órbitas y relojes de cada satélite. Los datos de predicción se conectan a los satélites para transmitirlos a los usuarios. La división control también se asegura de que las órbitas de los satélites GPS permanezcan entre los límites y que los relojes no se alejen demasiado del comportamiento nominal.



FIG. C.5 Receptor manual

La división usuario es un término en principio asociado a los receptores militares. Los GPS militares utilizan equipos integrados en armas de fuego, armamento pesado, artillería, helicópteros, buques, submarinos, carros de combate, vehículos de uso múltiple y los equipos individuales para soldados. Además de las actividades básicas de navegación, su aplicación en el campo militar incluye designaciones de destino, apoyo aéreo, municiones 'terminales' y puntos de reunión de tropas. El sistema global de posición está entre los equipos de la lanzadera espacial.

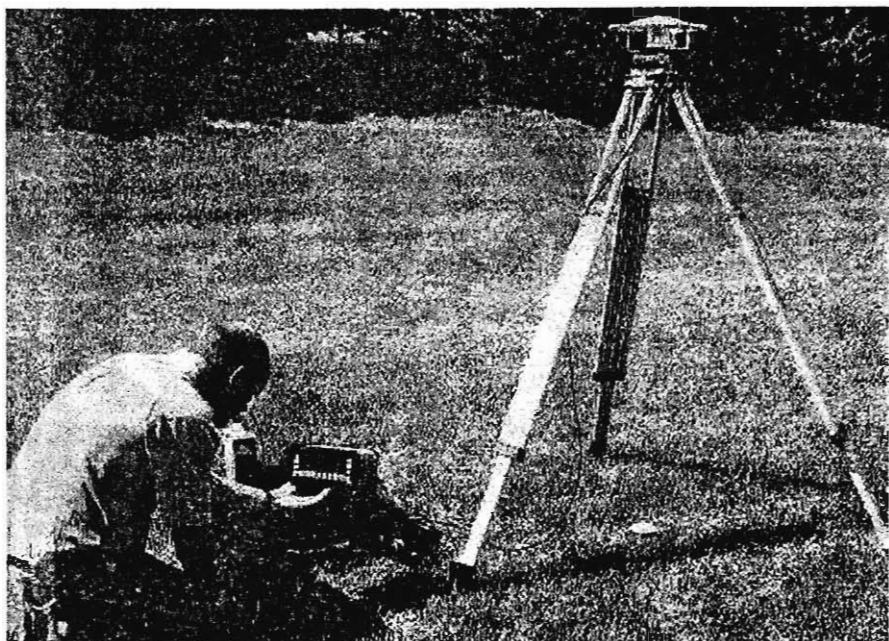


FIG. C.6 Receptor



FIG. C.7 Aparato topográfico de campo con antena integrada

Con más de medio millón de receptores de GPS, los usuarios civiles tienen una división propia, grande y diversa. Incluso antes de que todos los componentes de los satélites estuvieran en órbita, los investigadores utilizaban el sistema global de posición para adelantar días o semanas los métodos oficiales de investigación. El GPS se usa hoy en aeroplanos y barcos para 'dirigir' la navegación en las aproximaciones a los aeropuertos y puertos. Los sistemas de control de seguimiento envían camionetas y vehículos de emergencia con información óptima sobre las rutas. El método denominado "granja de precisión" utiliza el GPS para dirigir y controlar la aplicación de fertilizantes y pesticidas. También se dispone de sistemas de control de seguimiento como sistema de ayuda de navegación en los vehículos utilizados por excursionistas.

APLICACIONES FUTURAS

En la actualidad hay 24 satélites GPS en producción, otros están listos para su lanzamiento y las empresas constructoras han recibido encargos para preparar más y nuevos satélites para el próximo siglo. Al aumentar la seguridad y disminuir el consumo de carburante, el sistema global de posición será el componente clave de los sistemas aeroespaciales internacionales y se utilizará desde el despegue hasta el aterrizaje. Los conductores lo utilizarán como parte de los sistemas inteligentes en carretera. Los pilotos lo utilizarán para realizar los aterrizajes en aeropuertos cubiertos de niebla. Las tecnologías de emergencia con el GPS incluyen determinar la posición de un vehículo. El sistema ha tenido una aceptación entusiasta y generalizada en aplicaciones terrestres, marítimas, aéreas y espaciales.

APÉNDICE D

CÁLCULO DE UNA CURVA CLOTOIDE

$$PI = \text{km } 25 + 385.66 \text{ m}$$

$$\Delta = 39^\circ 44' \text{ Derecha} \quad (\text{Deflexión de la curva circular})$$

$$G = 3^\circ 00' \quad (\text{Grado de curvatura})$$

$$V = 110 \text{ km/h} \quad (\text{Velocidad del proyecto})$$

$$J = 0.616 \text{ m/s}^3 \quad (\text{Constante de variación de la aceleración centrífuga})$$

CÁLCULO DEL RADIO:

$$R = \frac{1145.91559}{G} = 381.9718 \text{ m}$$

Cálculo de la longitud mínima de la espiral:

$$Le = \frac{V^3}{46.7 JR} = 121.1293 \text{ m}$$

Cálculo de la deflexión de la espiral en grados y en radianes:

$$\theta_c^\circ = \frac{Le G}{40} = 9^\circ 5' 4.9'' \quad \Rightarrow \quad \theta^{rad} = 0.1586$$

Cálculo del ángulo central de la curva circular:

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_c = 21^\circ 33' 50.2''$$

Cálculo de la longitud de la curva circular:

$$Lc = \frac{20 \Delta_c}{G} = 143.7593 \text{ m}$$

Cálculo de las coordenadas de los puntos EC o CE:

$$X_c = Le \left(1 - \frac{\theta_c^2}{10} \right) = 120.8246 \text{ m}$$

$$Y_c = Le \left(\frac{\theta_c}{3} - \frac{\theta_c^3}{42} \right) = 6.3922 \text{ m}$$

Cálculo de las coordenadas del PC de la curva circular:

$$K = X_c - R \sin \theta_c = 60.5135 \text{ m}$$

$$P = Y_c - R (1 - \cos \theta_c) = 1.6007 \text{ m}$$

Cálculo de la subtangente:

$$STE = (R + P) \tan \left(\frac{\Delta}{2} \right) + K = 199.1124 \text{ m}$$

Cálculo de la tangente larga:

$$TL = Y_c \csc \theta_c = \frac{Y_c}{\sin \theta_c} = 40.4841 \text{ m}$$

Cálculo de la externa:

$$E_c = \frac{R + P}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R = 25.8732 \text{ m}$$

Kilometrajes:

$$\begin{array}{r} \text{Km PI} = 25 + 385.66 \\ - \text{STE} = \underline{199.1124} \\ \text{TE} = 25 + 186.5476 \\ + \text{Le} = \underline{121.1293} \\ \text{EC} = 25 + 307.672 \end{array}$$

Cálculo de la constante de proporcionalidad:

$$k = \frac{\theta_c}{Le^2} = 0.000619$$

Cálculo de la corrección:

$$Z = 3.1 \times 10^{-3} 2^3 + 2.3 \times 10^{-8} 2^5$$

Cálculo del ángulo de la cuerda a un punto cualquiera:

$$\varphi = \frac{\theta}{3} - Z$$

TABLA DE DEFLEXIONES

ESTACIONES	CUERDAS		L ²	$\theta = RL^2$	$\phi = \theta/3 - Z$
TE 25 + 186.5476			0.0000	0.0000	
190	3.4524	3.4524	11.9191	0.0074	0.002466
195	5	8.4524	71.4431	0.0442	0.01473
200	5	13.4524	180.9671	0.1120	0.03733
205	5	18.4524	340.4911	0.2108	0.07026
210	5	23.4524	550.0151	0.3405	0.1135
215	5	28.4524	809.5391	0.5011	0.1670
220	5	33.4524	1119.063	0.6927	0.2309
225	5	38.4524	1478.587	0.9152	0.30506
230	5	43.4524	1888.111	1.1687	0.38956
235	5	48.4524	2347.635	1.4532	0.4844
240	5	53.4524	2857.159	1.7686	0.5895
245	5	58.4524	3416.683	2.1149	0.70496
250	5	63.4524	4026.207	2.4922	0.83073
255	5	68.4524	4685.731	2.9005	0.96683
260	5	73.4524	5395.255	3.3397	1.11323
265	5	78.4524	6154.779	3.8098	1.26993
270	5	83.4524	6964.303	4.3109	1.43696
275	5	88.4524	7823.827	4.8429	1.6143
280	5	93.4524	8733.351	5.4059	1.80196
285	5	98.4524	9692.875	5.9999	1.9999
290	5	103.4524	10702.399	6.6248	2.20826
295	5	108.4524	11761.923	7.2806	2.42686
300	5	113.4524	12871.447	7.9674	2.6558
305	5	118.4524	14030.971	8.6852	2.89506
EC 25 + 307.6720	2.6720	121.1244	14671.120	9.0814	3.02713

COORDENADAS RECTANGULARES

L	Z	X	Y	φ
0.0000				° ' "
3.4524	0.0074	3.4524	0.0001	00 00 0.1
8.4524	0.0442	8.4524	0.0022	00 00 0.9
13.4524	0.1120	13.4524	0.0088	00 02 14
18.4524	0.2108	18.4524	0.0226	00 04 13
23.4524	0.3405	23.4523	0.0465	00 06 49
28.4524	0.5011	28.4522	0.0829	00 10 01
33.4524	0.6927	33.4519	0.1348	00 13 51
38.4524	0.9152	38.4514	0.2047	00 18 18
43.4524	1.1687	43.4506	0.2954	00 23 22
48.4524	1.4532	48.4493	0.4096	00 29 04
53.4524	1.7686	53.4473	0.5499	00 35 22
58.4524	2.1149	58.4444	0.7191	00 42 18
63.4524	2.4922	63.4404	0.9199	00 49 51
68.4524	2.9005	68.4349	1.1549	00 58 01
73.4524	3.3397	73.4274	1.4268	01 06 48
78.4524	3.8098	78.4177	1.7383	01 16 12
83.4524	4.3109	83.4052	2.0921	01 26 13
88.4524	4.8429	88.3892	2.4909	01 36 51
93.4524	5.4059	93.3692	2.9372	01 48 07
98.4524	5.9999	98.3444	3.4339	01 59 59
103.4524	6.6248	103.3141	3.9834	02 12 29
108.4524	7.2806	108.2773	4.5884	02 25 36
113.4524	7.9674	113.2330	5.2515	02 39 19
118.4524	8.6852	118.1802	5.9754	02 53 40
121.4524	9.0814	121.1473	6.4052	03 01 35

BIBLIOGRAFÍA

• Libros:

1. Wolf P.R, y Brinker R. C. (1997), *Topografía*, Alfaomega México, 834 pp.
2. Alcántara G. Dante A. (1990), *Topografía*, Mc Graw Hill, México, 583 pp.

• Otras Referencias

3. Manual de instrucciones “TOPCON”, *DIGITAL THEODOLITE, DT-102, DT-103, DT-104*.
4. Manual de referencia “REDMINI-2”.
5. Vázquez Rocabado, Jhonny (1991), Tesis profesional “*Metodología para el registro de movimientos verticales de edificaciones*”, México, 110 pp.
6. Manual de procedimientos de Ingeniería de diseño”, PEMEX (1990).
7. Manual de referencia “WILD NA2”, WILD HEERBRUGG (hoy Leica S. A.).
8. Manual de instrucciones “TOPCON”, *ELECTRONIC DIGITAL LEVEL, DL-101 y DL-102*.
9. Huerta Carrillo, Margarita (1986), Tesis profesional “*Levantamientos Subterráneos*”, México, 63 pp.
10. Manual de referencia “Sokkia SET 2B”.
11. “Microsoft enciclopedia ENCARTA ‘98”.
12. Revista “*INGENIERÍA TOPOGRÁFICA*”, No 2, Noviembre de 1996.

*Guión de prácticas de
temas selectos de topografía*

Se terminó de imprimir en el mes de
febrero de 2010 en los talleres de la Sección
de Impresión y Reproducción de la
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco

Se imprimieron 200 ejemplares
más sobrantes para reposición

La edición estuvo a cargo de la
Sección de Producción y Distribución Editoriales
de la Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco

2892701

UAM
TA545
A4.34

2892701
Alcántara García, Dante A
Guión de prácticas de tem

GUION DE PRACTICAS DE TEMAS SELECTOS DE TOP
ALCANTARA • SECCIÓN DE IMPRESION

29079

R. 40



\$ 40.00

40-ANTOLOGIAS CBI • 01-CBI

ISBN: 970-654-437-2



978-97065-44377

UNIVERSIDAD
AUTONOMA
METROPOLITANA
Caja abierta al tiempo **Azacapótzaco**



División de Ciencias Básicas e Ingeniería
Departamento de Materiales

Coordinación de Extensión Universitaria
Sección de Producción y Distribución Editoriales